O powstawaniu żył przy wypływie cieczy.

Woda przepływająca przez wąski otwór z dostateczną prędkością, zamiast rozchodzić się na wszystkie strony, tworzy żyłę wody czyli promień.

Klasyczna hydrodynamika uwzględniając zupełną analogię ruchów potencjalnych cieczy z rozkładem prądów elektrycznych napotykała na trudności w wytłumaczeniu, czemu

Używając cieczy zabarwionych można to zjawisko także wykazać, przy wypływie w przestrzeni napełnionej tą samą cieczą, gdzie ani lepkość ani ciężkość żadnej roli odgrywać nie może.

Helmholtz wygłosił teorię, że w takich przypadkach ciecz przepływająca koło krawędzi otworu nabywa tak wielkiej prędkości, że ciśnienie hydrodynamiczne się zmniejszające w miarę przyrostu prędkości spada do zera; a wtedy tam musi nastąpić rozerwanie się cieczy, i powstanie powierzchni nieciągłości, oddzielającej żyłę wody poruszającą się od otaczającej cieczy nieruchomej.

Podczas gdy dotychczas tylko wykończeniem matematycznem tej teorii się zajmowano, autor pracy niniejszej bada doświadczalnie warunki powstawania żył cieczy. Dochodzi tak do wniosku, że rozerwanie się cieczy rzeczywiście nastąpić może przy wielkich prędkościach, ale że jest to tylko drugorzędnem zjawiskiem, a nie przyczyną powstania żył które mogą tworzyć się już przy prędkościach kilkaset razy

mniejszych, i że obliczenia Helmholtza, oparte na prawach dla cieczy idealnych, praktycznego zastosowania nie mają.

(autora przytoczone zdanie że) powstawanie wirów polega na wydatnieniu się bezwładności cieczy wobec lepkości przy szybkim ruchu i że jest objęte zwykłemi równaniami dla cieczy lepkich, a popiera tę teorię zwłaszcza stwierdzeniem doświadczalnem prawideł podobieństwa dynamicznego występujących w tych zjawiskach, jeśli ciecze o różnym stopniu lepkości w odpowiednich warunkach używane zostają.

Jednem z najpowszechniejszych, a przecież jeszcze nie dostatecznie wyświetlonych,

żył wodnych (Wasserstrahl rotirt)

zjawisk hydromechaniki jest tworzenie się strug wyst. prom.

przy wypływie przez

występujące zwykle przy cieczy wypływającej w wąskie otwory

dnie więksa

np. przez otwór w ściance naczyniu w przestrzeni.

(występujące przez otwór w dnie naczynia)

na zewnątrz wtedy

Że ciecz zamiast wypływać się na wszystkie strony skupia się tworząc

cięższości i

promień prawie walcowaty możnaby sobie jeszcze wytłomaczyć działaniem

zewnątrz znajduje się powietrze

powierzchownego wreszcie mocy

napięcia ciśnienia jeśli promień wypływa w powietrze; napięcie to powinno

powodować jednocześnie zmniejszenie powierzchni rozdzielając promień

też w dalszym ciągu skupienie cieczy w szereg kropli.

widdomo że (tj. tłok walcowy strug wypływających

Ale zupełnie podobne zjawisko można też obserwować jeśli zewnętrzna

przestrzeń jest cieczą zapełniona i wypływając zabarwionej cieczy

to samo odnosi się do

a tak samo też przypadku analogicznego aeromechaniki (strug dymu

wspomniane

wchodzącego z komina, strugi pary z wypustu parowego), gdzie czynniki

i też tworzenie się — wskutek cieczy strugi (tłum

żadnej roli nie odgrywają.

Zdawało się że (dość znaczne

Jeśli przyjmujemy równanie klasycznej „idealnej" hydrodynamiki nie

rozkład prędkości cieczy

wytłomaczenia tego zjawiska ponieważ nie są identyczne z wielkiej niż

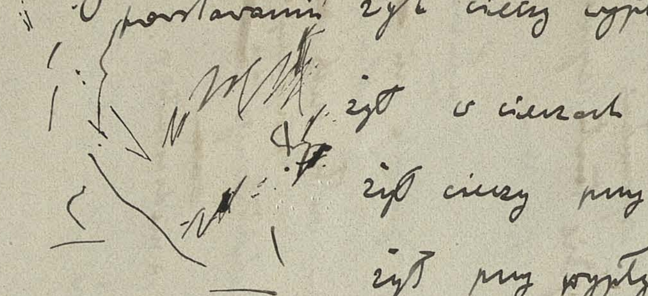
którego cechuje dążność

tak samo analogicznym by musiał być do rozkładu prędkości elektrycznego,

do wypełnienia

linij prądu wypełniając całej przestrzeni konduktora, a niedokonaniej w żyle.

Helmholtz jednak zauważył że różnica obu przypadków polega w tem że



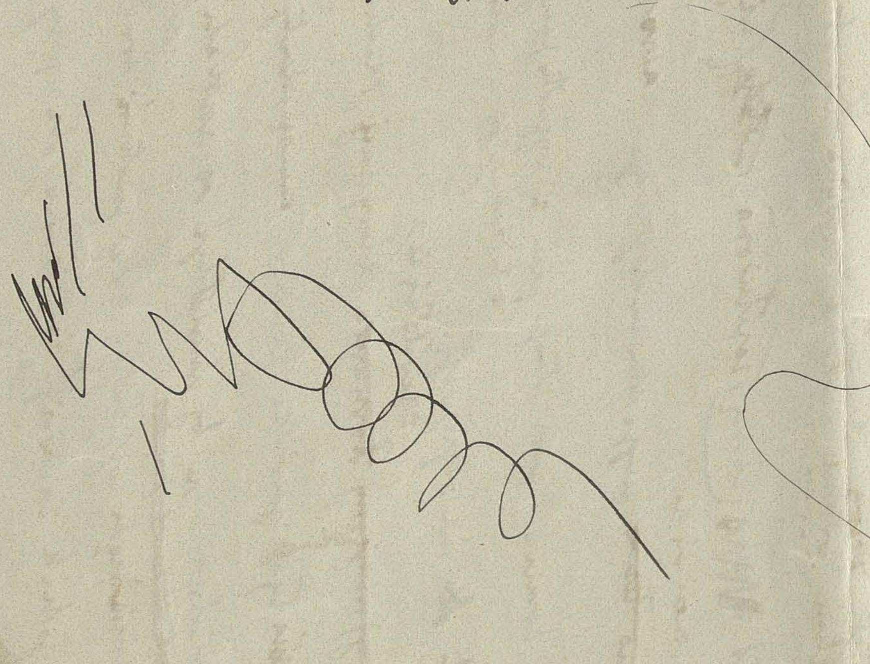
O powstawaniu! życie ciszy wszystkiego: życie

życie w ciszach wszystkiego, życie

życie ciszy przy wszystkim

życie przy wszystkim ciszy

życie wszystkim w ciszach





W hydromechanice oprócz równania potencyjalnego i warunków granicznych na ścianach jeszcze musi być spełniony warunek, że ciśnienie hydrostatyczne nigdzie nie może spaść poniżej wartości zero; dosyć w obliczeniach nie ma nic podobnego już tam ciśnienie cieczy zero musi się uzwolnić powstanie powierzchni nieciągłości (Discontinuitätsfläche).

Ponieważ ciśnienie hydrodynamiczne p zmniejsza się z wzrostem prędkości v według wzoru $p = p_0 - \rho\frac{v^2}{2}$ a prędkość v przy każdej krawędzi (matematycznie) ostrej nieskończoną by wartość musiała osiągnąć, przeto każda ostra krawędź musi wytworzyć taką powierzchnię nieciągłości (według Helmholtza tak to sobie wyobrazić).

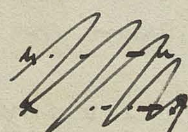
We wyżej wzmiankowanym przykładzie ciecz rozrywa się przy krawędzi otworu, a powierzchnia owa, w której ciśnienie jest zero, oddzielająca ciecz szybko się poruszającą od zewnętrznej nieruchomej (totes Wasser) cieczy (lub też powietrza), tworzy zjawisko które określamy ściśnieniem strugi wytryskającej. Teorya ta w przypadku ruchu dwuwymiarowego daje sposobność do bardzo zręcznego eleganckiego wyzyskania wszystkich funkcyj zespolonych i dzięki temu stała się ulubionem polem popisu; powstał cały szereg (matematycznie interesujących) poszukiwań nad wspólnymi Kirchhoffa tak[illegible] prac[illegible]

(

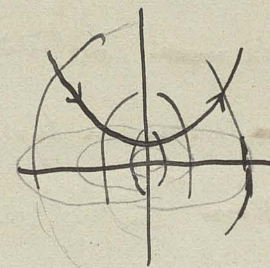
Zdaje się jednak, że nie wykonano żadnego badania, któreby sprawdziło doświadczalnie podstawy owej teoryi. A zaważyć należy że nie została ona ogólnie uznaną, mianowicie Lord Kelvin

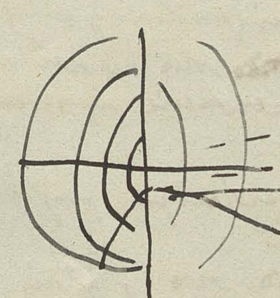
$$u\frac{\partial u}{\partial x}+v\frac{\partial u}{\partial y}+w\frac{\partial u}{\partial z}=\frac{\partial p}{\partial x}-\mu\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}+\dots\right)$$

$$u\frac{\partial v}{\partial x}+v\frac{\partial v}{\partial y}+w\frac{\partial v}{\partial z}=\frac{\partial p}{\partial y}-\mu\frac{\partial^2 v}{\partial x^2}$$

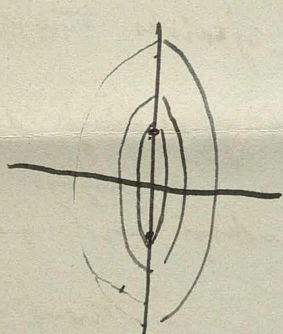


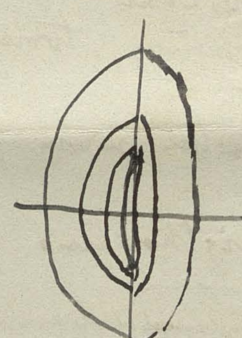
u ...	$-u$
v	$-v$
w	$-w$
p	$a-p$

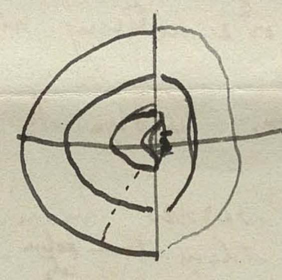


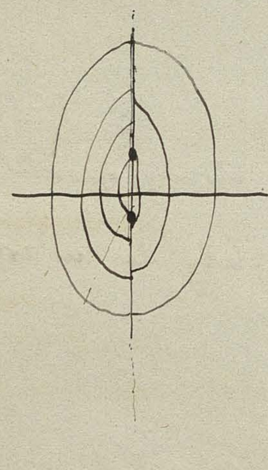


$$\nabla p=\mu\nabla^2 v+(v\nabla)v$$

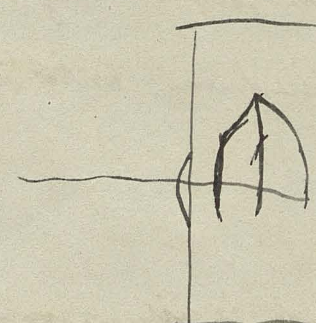








$$\mu\nabla^2 v=\nabla p-(v\nabla)v$$



$$\Delta^2 p=0$$

$$p=\nabla\cdot v$$

$$\mu\nabla^2 v=\nabla p$$

$$v=\nabla U+\mathrm{curl}\,\Omega$$

$$=\nabla^2\nabla U+\mathrm{curl}\,\nabla^2\Omega$$

Istotnie nie można się pozbyć w ogóle ~~wspomnianego~~ [przyjęcie istnienia] porządku, gdzie stykają się dwie [warstwy] cieczy o różnych prędkościach jest usprawiedliwione dla cieczy bez lepkości, ale nie w rzeczywistych cieczach, gdzie by musiały [tarcie wewnętrzne] powstać ~~[illegible]~~ nieskończenie wielkie naprężenia styczne ~~do owych powierzchni~~ [w owych miejscach].

A przedewszystkiem sądzę, że [wspólne] ~~[illegible]~~ [równanie dla] cieczy idealnych ~~[illegible]~~ ~~dla cieczy idealnych~~ tu nie jest dozwolone [nieruchome] ~~[illegible]~~, ponieważ (rzeczywiste ciecze przylegają do ściany, podczas gdy idealne ciecze by się ślizgały wzdłuż ściany bez tarcia), a zatem też nie ma żadnej przyczyny, czemu by ciśnienie przy krawędziach ostrych miało się zmniejszać ~~spadać~~ do zera.

~~Wprowadzenie~~ [Przyjęcie] takich porządków może być fikcyą matematyczną czasami użyteczną, ale trzeba zawsze zbadać, o ile wnioski na ~~[illegible]~~ jej podstawie wyprowadzone nie stają się fikcyjnemi.

Z drugiej strony, jak już w innym miejscu zaznaczyłem, z samych równań dla cieczy lepkich wynika już zasadnicza własciwość omawianych tu zjawisk t.j. asymetrya linij prądu z obu stron otworu w [cienkiej] ściance.

Dopóki ruch jest dostatecznie powolny, tak że ~~[illegible]~~ ~~[illegible]~~ drugie potęgi prędkości pominąć można w porównaniu z pierwszemi, równania [illegible] pozostają niezmienione przez podstawienie $-u, -v, -w$, $-p$ na miejsce ~~[illegible]~~ u, v, w, p; zatem linie prądu nie zmienią swego kształtu (tylko kierunek) ~~[illegible]~~ ~~[illegible]~~ przy [odwróceniu] ~~[illegible]~~ spadku ciśnienia, ~~zatem też z drugiej~~ czyli muszą być

Także jeśli ściany naczynia są symetryczne. 4

symetryczne z obu stron otworu ~~szklanej~~ ścianki.

~~Wzmiankę~~ jednak jak prędkość wzrasta ~~[illegible]~~ wyrażenia bezwładnościowe się uwydatniają możliwość tych podtrzymania ~~[illegible]~~ znika, ruch staje się asymetryczny. ~~Oczywiście też mocy że te dodatkowe wyrazy zwiększają~~ przedtem ~~spadek ciśnienia w kierunku ku stronie~~

Łatwo też zrozumieć że zmiana ciśnienia rozkładu odpowiadająca uwzględnieniu tych dodatkowych wyrazów wyższej potęgi powodować musi zmianę kształtu linij prądu w rodzaju –

Aby rozstrzygnąć, czy ~~[illegible]~~ (wartość nowego ~~spadku w tem~~ przypuszczenia) twierdzenie powyższe polega na współdziałaniu lepkości i bezwładności, czy też w myśl teoryi Helmholtza na rozdzieraniu ~~się~~ cieczy w miejscach gdzie ciśnienie jest zero przedsięwziąłem serye doświadczeń poniżej opisanych.

Metoda doświadczalna polegała na znanym sposobie* wpuszczania (w pewnym punkcie) barwika do cieczy przepływającej, a w skutek tego odpowiednia linia prądu ~~wydatnie~~ występuje jako barwna struga, ~~która~~ i ~~także~~ może być wyraźnie obserwowaną i odrysowaną. ~~Tej linii [illegible]~~

~~Aby ile możności~~ ~~Aby [illegible] kształt naczynia~~

Jako najprostszy i najlepiej dający się określić przypadek ~~obrałem~~ został obrany wypływ przez mały otwór w bardzo cienkiej (płaskiej) ściance. Ściana była reprezentowana przez ~~[illegible]~~ sztywną blaszkę miedzianą (grubość δ=) tworzącą przegrodę między dwiema częściami rury szklanej (o średnicy), (których końce zostały na płasko oszlifowane ~~[illegible]~~ i do blaszki szczelnie przyklejone.

Otwór w środku blaszki przez który ciecz miała przepływać miał kształt koła o średnicy … i niewątpliwie był nieco zaokrąglony. Przeciwległe końce rur szklanych naczyń zamknięto korkami przez które przeprowadzone były rurki służące dla wpływu z wyżej położonego zbiornika, przepływu i odpływu cieczy.

Ponieważ okazało się że prędkości wymagane są bardzo małe, użyłem dla hamowania ruchu rurki rodzaju kształtu – A – z zewnątrz oblutowanym końcem o wąskim otworze, co się okazało bardzo dogodnem.

Do wprowadzenia barwika służyła rurka – zaopatrzona przy końcu długim a nadzwyczaj cienkim włosem rurką i prowadzona za pomocą pierścienia i dławika Stopfbüchse w ten sposób, że koniec P, przez który barwik wypływał, można było przysunąć lub odsunąć od przegrody a równocześnie obracając rurkę koło swej osi w bocznym kierunku zbliżyć lub oddalić ją od otworu.

Prędkość ruchu cieczy regulowano przez nastawienie zbiornika w odpowiednią wysokość, mierzono ją licząc ilość kropli uchodzących z rurki odpływowej w danym czasie i redukując to na miarę objętościową za pomocą osobnego oznaczenia ciężaru kropli.

Mały zbiornik barwika był umieszczony na wyższym nieco poziomie, tak że ciśnienie hidrostatyczne wystarczyło do wyciskania zawartości w drobnych ilościach tak żeby mogły być nie mogło w sktutek tego zakłócenia linii prądu. Jako barwik użyłem nieco rozrzedzonego atramentu niebieskiego (Blaue Kotelltinte Gmelk. z Wagner) poprzednio starannie przefiltrowanego, którego gęstość została oznaczona na 1·00085) przy … a z tą liczbą została zrównana gęstość wody przepływającej przez dodanie

drobnej ilości (0 20) sol. ł

Przyrząd ~~tak był~~ tak nastawiony ~~[illegible]~~ iż punkt P i ~~[illegible]~~ środek otworu

~~znajdował się w płaszcz~~ były na równym poziomie; ~~tak że linia~~ wskutek tego struga barwna

sięgająca od P prze[illegible] do naczynia

(znajdowała się w płaszczyźnie poziomej. ~~A Zwierciadło (pod kątem 45°) poniżej~~

~~umieszczone i rzucające promienie pionowo spadające~~ i w takiejsamej pozycji

oglądało się jej obraz na papierze leżącym na stole, wytworzony przez promienie światła pionowo spadające, odbijające się od ~~na~~ zwierciadełka

poniżej ustawionego w pozycji nachylonej i przym[illegible] ~~umieszczonego~~

(W takiem ustawieniu wpływ zakłócający przypadkowych prądów konwekcyjnych

do góry lub na dół skierowanych, rzeczywiście najmniej występuje ~~jest najmniejszy~~, a ~~[illegible]~~ może być

także w każdej chwili skontrolowany przez sprawdzenie, o ile struga barwna ~~[illegible]~~

wystąpuje z płaszczyzny poziomej. Te prądy powstające wskutek zmienności

temperatury otoczenia, wiele sprawiają kłopotu przy ~~tych~~ ~~[illegible]~~ tych doświadczeniach,

jeżeli prędkość przepływu jest bardzo mała. Aby wpływ ich uczynić zmniejszyć Okazało się koniecznem otoczyć

przyrząd ~~szerszą rurą, którą [illegible] jako~~ płaszczem wodnym ~~do~~ w celu ~~[illegible]~~ ~~[illegible]~~ ustalenia temperatury

t.j. szerszą rurą, którą się każdym razem napełniało tą samą cieczą co wewnętrzne

naczynie. Zresztą trudności te znacznie się zmniejszają przy użyciu cieczy o

większej lepkości, zwłaszcza że wtedy jak to później jeszcze [illegible], ~~można~~

należy caeteris paribus użyć większych prędkości przepływu.

~~Zresztą tych doświadczeń [illegible] tylko~~ Oprócz ~~Tego~~ należało zwracać uwagę na

absolutną czystość używanych cieczy (gdyż najdrobniejszy pyłek zatykał rurkę lub otwór wylotowy do zatkania

i przy późniejszych wspomnianych doświadczeniach pod zmniejszonym ciśnieniem na staranne

uszczelnienie

dociągnięcie mocne użytych [illegible]

Wyniki ~~tych~~ doświadczeń (wykonanych zapomocą tego przyrządu) ~~są następujące~~ dadzą się streścić w następujących zestawieniach:

1). Wyraźne tworzenie ~~promieni~~ (zgłębienia) (t. j. zmniejszenie wzbierania strugi wypływającej Fig.) występuje już przy nadzwyczaj małych prędkościach, w wodzie 0·5 $\frac{cm}{sec}$ przeciętnej prędkości przepływu przez otwór; ~~podczas gdy według~~ ~~Helmholtza~~ potrzebne byłyby prędkości ~~koło~~ 14 $\frac{m}{sec}$ do przezwyciężenia ciśnienia atmosf. ~~[illegible]~~

~~to tylko do prędkości przy [illegible]~~

Przy tem bezpośrednia obserwacya ~~[illegible]~~ ~~postępowania barwnych strug~~ wykazuje że prędkość na osi jest stosunkowo większa, a na ścianach na zewnątrz naczynia ~~i krążenia~~ ~~[illegible]~~ wcale nie istnieje; [Prędkość można według grubości strugi barwnej, odwrotnie proporcyonalnej do prędkości, a bezpośrednie obserwacye wyraźnie wskazują ~~[illegible]~~ lepkości cieczy można w przybliżeniu ocenić.] ~~Helmholtz~~ tego ~~[illegible]~~ przeciwnie żąda największej prędkości na powierzchni promienia, i ta prędkość w pobocznych warstwach ~~[illegible]~~ musiałaby wynosić 14 $\frac{m}{sec}$ ażeby mógł przezwyciężyć ciśnienie atmosf.

2). ~~[illegible]~~ Wspomniane wyżej teoretyczne Helmholtza i innych objaśnienia (~~[illegible]~~ odnoszą się do) przyjęcia (najprostszego) matematycznie ostrych krawędzi. W rzeczywistości ~~[illegible]~~ musiałaby istnieć (w zaokrąglonej krawędzi) graniczna prędkość, poniżej której wypływ byłby zupełnie normalny (analogiczny do rozkładu prądu elektrycznego), a powyżej której musiałoby nastąpić rozerwanie cieczy i zjawisko promienia.

Tymczasem doświadczenia wykazały zupełnie ciągłą zmianę (w kształcie) linji prądu gdy prędkość przepływu wzrastała ~~[illegible]~~.

Fig. przedstawia linje prądu wychodzącą z punktu P położonego (na boku) przed otworem AB, przy rozmaitych prędkościach wypływu. Uderzającą ~~[illegible]~~ jest zależność kształtu jej po przejściu przez otwór od miary prędkości. (Zgodnie z uwagami naszemi co do wpływu lepkości i bezwładności podczas gdy różnice kształtu przed otworem tak są nieznaczne że nie mogły być uwydatnione w rysunku)

asymetrya ~~występuje~~ [wydatnie] się coraz więcej przy wyższych prędkościach, podczas gdy przy mniejszej [czystej] prędkości ~~asymetrya~~ [kształt strugi jest symetryczny] prawie ~~…~~ [i niezmiennie stały się zupełnie symetryczny przy …]

To stopniowe zanikanie symetryi linji prądu i ~~…~~ stopniowe skupianie się strug wypływających w promień [w miarę zmniejszania prędkości] jeszcze ~~lepiej~~ wyraźniej występuje we ~~…~~ szeregach ~~…~~ Są one jednakże ~~które … przedstawiają wyniki~~ (szereg rysunków ~~otrzymanych przy przesuwaniu~~ [strug otrzymanych przy …]) (z których każdy otrzymany został przy … [odmiennej prędkości]) punktu wypływu P. ~~i …~~

Zauważyć należy także równoczesne tworzenie się pierścieni wirowych po za otworem, które dobrze wydatnia fig. . ~~Rysunek strugi~~ [i które …] odpowiadające kierunek przeciwny tak że punkt wypływu znajduje się ~~po za otworem~~ stronie promienia wypływającego. Ciecz otaczająca uczestniczy zatem w ruchu promienia, dość w dobrym stopniu, i nic nie wskazuje ~~i nie widać~~ na niezgodność prędkości.

Przy mniejszych ~~…~~ prędkościach te wiry [szybko się] zmniejszają, [redacted] w fig. i jeszcze wyraźnie widać zbieżność linji prądu ~~…~~ też po za otworem, ale przy prędkości które już ~~…~~ ledwie ślady asymetryi wykazuje, nie daty się więcej spostrzedz.

3). Według Helmholtza krytyczna prędkość przy której nastąpić musi rozerwanie jest określona przez warunek że ciśnienie [w kierunku strugi] staje się zero zatem, oznaczając ~~…~~ [redacted] [ciśnienie p_2] ciśnienie w ~~…~~ przestrzeni otaczającej ~~…~~ [cieczy]

$\rho \frac{v^2}{2} = p_2$, więc oczywiście zjawisko [żyły] ~~…~~ musi wystąpić przy tem mniejszej prędkości, ~~…~~ mniejsze jest ciśnienie zewnętrzne.

¹) Uderzające jest podobieństwo tych rysunków z temi które przypominają [w podstawie] elektrycznych i płaskich jakościowe …

$$\rho \frac{u^2}{x} = p_x - \mu \frac{u}{x^2}$$

$$\frac{\rho u}{\mu} = 1 \qquad p = \mu u$$

$$= \frac{\mu^2}{\rho} p_0$$

$$u = \frac{\mu}{\rho} u_0$$

Ażeby zbadać prawdziwość tego wniosku, połączyłem ~~naczynie do~~ zbiornik z którego ciecz wypływała, ~~[illegible]~~ naczynie do którego spływała, jako też naczynie z którego wypływał barwnik rurami wiodącemi do flaszki, z której powietrze można było wypompować za pomocą pompy wodotryskowej.

Tym sposobem, niezmieniając ciśnień względnych, a zatem ~~[illegible]~~ prędkości prądu, mogłem znacznie obniżyć dowolnie bezwzględną wartość ciśnienia. Doświadczenia w różnych warunkach powtarzane, przy których ciśnienie p_2 spadało od 75cm do 7cm rtęci, żadnej jednak nie wykazały różnicy w kształcie linji prądu, co stanowczo dowodzi, że teorya Helmholtza ~~[illegible]~~ wobec tych zjawisk nie może znaleźć zastosowania.

4). ~~[illegible]~~ ~~Teorya ta uwzględnia~~ W teoryi tej wchodzi w rachubę jedynie gęstość cieczy, o ile ona nieco wpływa na wielkość ciśnienia hydrodynamicznego, ~~a~~ lepkość cieczy ~~wcale nie wchodzi w rachubę~~ jest żadnej nie odgrywa roli. Według naszego przypuszczenia jednak właśnie stosunek (lepkości do gęstości) t.j. ruchliwość cieczy jest rozstrzygającą. ~~Jeżeli~~ ~~Znalazłem~~ mianowicie specyalne rozwiązanie równania .. dla cieczy o spółczynnikach $\mu_1 \rho_1$ ~~są spełnione w danym przypadku~~, ~~to one zostaną~~ możemy je także spełnić przy użyciu cieczy $\mu_2 \rho_2$, jeśli dobierzemy $u_2 = u_1 \frac{\mu_2 \rho_1}{\mu_1 \rho_2}$ i tak

$$\Delta p_2 = \frac{\mu_2^2 \rho_1}{\mu_1^2 \rho_2} \Delta p_1$$

, będzie to wtedy ruch „dynamicznie podobny." ~~[illegible]~~

Jeżeli zatem nasze (opierające się na równaniach) tłomaczenie zjawisk powyższych ~~polegające na tych~~ jest prawdziwem, to kształt linji prądu musi (zależeć od lepkości ale musi) pozostać niezmienionym, jeśli użyjemy cieczy mniej ruchliwej zwiększymy prędkość prądu w odwrotnym stosunku ruchliwości,

*) Niżej nie posunąłem się z powodu trudności usunięcia ~~wszystkich~~ ~~[illegible]~~ reszty i wskutek wydobywania się ~~[illegible]~~ baniek powietrza z wody; można to częściowo usunąć przez — ...

do tego znów potrzeba jest zmiana ciśnienia ~~[illegible]~~ w odwrotnym stosunku ilorazu z ruchliwości i lepkości.

Sprawdziłem tę ~~[illegible]~~ regułę używając oprócz wody roztworów gliceryny o dwojakiem stężeniu, ~~których gęstość i spółczynnik lepkości zostały osobno zmierzone~~ i odpowiednich baniek, z oparzonych gliceryną do oczyszczenia różnej gęstości. Spółczynniki względne wartości lepkości ~~względne~~ zostały zmierzone zwykłą metodą rurek włoskowatych:

~~Gęstość~~ Gliceryna I: gęstość 1·094, co odpowiada zawartości 37·5% czystej gliceryny, lepkość względem wody (przy temp. 19·5°) ~~[illegible]~~ zatem spółczynnik ~~podobieństwa~~ odwrotny stosunek ruchliwości

$\frac{\mu\rho}{\mu_0\rho_0} = 2·895$

Gliceryna II: gęstość $\rho =$ ~~[illegible]~~ 1·116, zawartość gliceryny cca. 45·8%,

lepkość względna: , spółczynnik $\alpha = \frac{\mu\rho}{\mu_0\rho} =$ ~~[illegible]~~ 4·20

Doświadczenia wykonane z temi cieczami okazały także zgodność ze wzorem, których otrzymane przy ~~[illegible]~~ prędkościach odpowiednich t. j. ~~przy~~ znajdujących się w stosunkach spółczynników α można było superponować. Tak np. obraz figury został otrzymany w wodzie przy prędkości $u_0 = 0·90$ ~~[illegible]~~, a taki w roztworze I przy prędkości $u_1 =$ ~~[illegible]~~ 2·58 t. j. 2·87 razy większej, co świetnie się zgadza z ~~[illegible]~~ (z spółczynnikiem podobieństwa) α_2 / α_1, i podczas gdy prędkość $u_1 = 0·90$ ~~[illegible]~~ :104·8 (~~[illegible]~~ uwzględniając różnicę gęstości: $u_1 = 0·86$) któraby według Helmholtza warunkom miała być odpowiednią w roztworze I, zupełnie odmienny obraz wytwarza, ~~znajdującą się~~ odpowiadający pośredniemu przypadkowi między fig. i

Tak samo też [illegible] została stwierdzona identyczność figury $\overset{0}{4}$4.0 otrzymanej przy odpowiednich prędkościach w wszystkich tych cieczach.

Przy wyznaczaniu
Fig. ; już wzięta o pesoi zrobiono użytek z tego podobieństwa dynamicznego, przy wyznaczaniu obrazu otrzymanego przy odpowiedniej prędkości w glicerynie II, ponieważ w wodzie częstsze przypadkowe prądy konwekcyjne już zanadto dawały się odczuć, (zacząć ... obrazu), tak że tylko [illegible] pomiędzy i środkowe krawędzi linji prądu nadawały się do wyznaczania (patrz ...

Naraz ... zauważyć wyjść indywidualn
Zdaje się ... stanęły pierwsze stwierdzenie geometrycznej identyczności ruchów być dynamicznie podobnych. Także ... odnośny do ... okazać się stwierdzony, ale ponieważ ... odnośnie pomiary ... na ... do wyznaczenia analogiczne podobnych prędkości szczególnie ... [illegible] bo ...

Także Przybliżone pomiary oporów ... stopa cieczy twórczego ... zgadzały się ... z wynikiem ale nie przytoczę ... odpowiednich jako nie należących do ... tematu.

(12)

Podczas gdy doświadczenia powyższe ~~niewątpliwie stwierdzają~~ [wykazują] [dowodzą] że ~~tworzenie~~ przyczyną tworzenia się ~~[illegible]~~ [wirów] w wielu przypadkach jest wzajemne działanie bezwładności i lepkości, przecież zdaje się ~~być~~ (z drugiej strony) rzeczą niewątpliwą, że także zasadnicza myśl Helmholtza: (zmniejszenie się ciśnienia ~~[illegible]~~ stronie) rozrywania się cieczy przy dostatecznym podwyższeniu prędkości nie jest bezpodstawną, skutek tego sposobu stwarzany sobie n. p. działaniu pompy wodotryskowej. (zachodzić może

Do zbadania takich ~~Ażeby~~ ~~[illegible]~~ ~~móc~~ ~~zbadać~~ ~~tych~~ zjawisk (które) ~~zachodzą~~ bardzo przy wielkich prędkościach, aparat poprzednio opisany oczywiście się nie nadawał. Skonstruowałem przeto bardzo prosty przyrząd: rurkę szklaną średnicy 8·4 mm (fig. ~~[illegible]~~) zwężoną w jednem miejscu tak że powstał (ile możności regularny) [wąskie kanał] C ~~którego~~ ~~przekrój~~ ~~[illegible]~~ po ~~[illegible]~~ ~~dziwiadczenie~~ ~~(zmniejszenie~~ i po ~~przecięciu~~ ~~na~~ ~~wyjściu~~ ~~[illegible]~~ i ~~[illegible]~~ ~~[illegible]~~)

~~[illegible]~~ (do) górnej części rurki ~~do której~~ przylutowałem boczną [węższe] połączenie ~~[illegible]~~ służące do wpuszczania barwika lub połączenia z manometrem ~~[illegible]~~ A

~~[illegible]~~ ~~przylutowałem~~ ~~(bocznie)~~ ~~do~~ ~~niej~~ ~~[illegible]~~. [którego (najciaśniejszy) ~~[illegible]~~ przekrój) C nieco oddalonego, zmierzonym po ~~[illegible]~~ skończeniu doświadczeń, przecięciu rurki i stosownem oszlifowaniu ~~tych~~ [wynosiły] ~~[illegible]~~ 0·93 mm i 1·00 mm,] a

~~Drugą~~ ~~[illegible]~~ ~~[illegible]~~ ~~połączyłem~~ ~~z~~ ~~drugą~~ ~~flaszką~~ ~~nieco~~

1) ~~rurkę~~ ~~którą~~ ~~się~~ ~~pod~~ ~~wodą~~ (doświadczeniu wypełniało ~~[illegible]~~ wodą) Przedewszystkiem ~~celem~~ zbadania prawa przepływu ~~[illegible]~~ 5 (~~zatracając~~ ~~tą~~ ~~rurkę~~ ten przyrząd (wspólnie z dyafragmami) w pośród wodny zostal zatopiony o małem ciśnieniu. ~~tak~~ ~~że~~ ~~bardzo~~ ~~powolny~~ ~~przepływ~~.

~~[illegible]~~ ~~Wpuszczanie~~ (Za pomocą węższej) ~~barwika~~ ~~skonstatowano~~ ~~że~~ ~~przy~~ ~~prędkości~~

~~[illegible]~~ Strugi barwika wpuszczonego wykazały już przy prędkości 6·1 $\frac{cm}{sec}$ w zwężeniu (wyraźne cechy ~~[illegible]~~ wirów

(t.j. 0·082 $\frac{cm}{sec}$ w szerokiej części rury), podczas gdy przy prędkości 2·4 $\frac{cm}{sec}$
jeszcze asymetryja się skonstatować nie dała, a przy prędkości 8·3
żyła tworzyła walec na 3 cm długi, otoczony wirami, a okazujący (przy tem pewne
zjawiska przyrodzonych drgań. Oczywiście, że przy tak małych prędkościach
zwłaszcza wobec nieznacznej krzywizny ścian naczynia mowy być nie może jeszcze
o zjawiskach Helmholtza, a przecież powstają typowe „żyły"
Żyły...

Następnie przyrząd ten (górnym końcem) bezpośrednio przytwierdzono do wypustu wodociągowego
a dolny koniec połączono z dużą flaszką,
z której pompa wodotryskowa mogła obniżyć ciśnienie, i która równocześnie
służyła do mierzenia
prędkości przepływu wody (według czasu potrzebnego do wypełnienia)
Przed doświadczeniem oczywiście cała rurka została wypełniona wodą.
Gdy potem kurek wodociągu został otwarty, okazało się szczególnie (przy pewnej prędkości)
przewidywane przez Helmholtza zjawisko: rozrywanie się promienia wody, czy też odrywanie się jego od
otaczającej wody tuż za zwężeniem, widoczne wskutek (odbicia światła od powstającej)
powierzchni. Ale nie jest to zjawiskiem ciągłem lecz peryodycznem,
czego dowodzi równocześnie powstający brzęczący odgłos; Także gołem
okiem widać często przerwy zjawiska a przy tem zarazem okazuje się wielka nieregularność
w jego występowaniu. (Regulując Pan. odpowiednio) dopływ z wodociągu
(można było oznaczyć) przybliżenie prędkość przy którem ono występowało na 17·6 $\frac{cm^3}{sec}$
t.j. 24 $\frac{m}{sec}$ w przekroju, podczas gdy z warunku $p_2 = -$ wynikałaby

14

teoretyczna prędkość 14·4 $\frac{m}{sec}$ potrzebna do obniżenia ciśnienia (78 cm w dolnej części) ~~[illegible]~~ do zera.

~~Gdy się ciśnienie~~ Gdy się ciśnienie p_2 za pomocą pompy wodnej (we flaszce, a zatem też) obniży

do 35·5 cm, wrzenie ~~[illegible]~~ okazywało się już przy prędkości 14 $\frac{m}{sec}$

a ~~przy [illegible]~~ gdy obniżenie postąpiło do 25·5 cm, przy 12 $\frac{m}{sec}$. ~~[illegible]~~ ~~Jakościowo przewidywania~~ zatem podczas gdy z ogólnych wskutek odpowiednich liczby

~~teoretyczne się sprawdzają, ale nie ilościowo~~, co też 9·7 i 8·2 $\frac{m}{sec}$

~~[illegible]~~ Równocześnie zmienia się wygląd zjawiska: ~~[illegible]~~ ~~[illegible]~~ przy zwykłem

ciśnieniu atmosf. woda uchodząca, (drobnych baniek powietrza ~~[illegible]~~ przytem, ~~wydzielonych~~

~~przy nasycaniu i~~ zupełnie czysto aż do osiągnięcia owej krytycznej prędkości) ~~[illegible]~~

~~[illegible]~~ przyjmuje ~~[illegible]~~ (wygląd mętny ~~gdy następuje wrzenie~~ ~~[illegible]~~ owej pary przekroczeniu ~~[illegible]~~, co pochodzi z wydzielania) i

przy niskiem ciśnieniu powstaje dalej duże bańki, w gwałtowny sposób, jakgdyby woda

się gotowała.

Możnaby przypuścić, że prędkość owa będzie „krytyczną" także w innym

sensie, mianowicie że po przekroczeniu jej ~~ciśnienie~~ prędkość wypływu

niezależną będzie od wielkości zewnętrznego ciśnienia p_2, ponieważ poza otworem

i tak zawsze to samo ciśnienie zero panować by powinno. Tymczasem

doświadczenia ~~[illegible]~~ nie potwierdziło tego przypuszczenia, ~~[illegible]~~

wykazało także poza krytyczną prędkością jeszcze ~~[illegible]~~ przyspieszenie ruchu

wskutek zwiększonego ~~[illegible]~~ ciśnienia p_1. Tłomaczy się to zapewne temi

samemi przyczynami którym przypisać należy znaczną różnicę obliczonych

i zauważonych krytycznych prędkości: lepkością cieczy, która pozbawia

wszelkiemi obliczeniami opartemi na abstrakcyi cieczy idealnych i charakterem

niestatecznym ~~[illegible]~~ okresowym całego zjawiska.

Ostateczne konkluzje z tych doświadczeń są następujące

można streścić w następujący sposób

Zjawisko Helmholtza t.j. oderwanie cieczy po za ciasnym otworem w rzeczywistości występuje przy prędkościach (dostatecznie wielkich) pewnej kilkunastu metrów, ale jest to drugorzędne zjawisko nie mające nic do czynienia ze powstawaniem promieni, żył wypływu, już przy prędkościach kilkanaście razy mniejszych. Teorya Helmholtza jest teoretycznie bardzo interesującą ponieważ wykorzystuje możliwości powstawania żył optycznych w cieczach idealnych, ale zdaje się że zachowywanie się cieczy rzeczywistych nawet przy ogromnych prędkościach bardzo mało jest zbliżone do wniosków z niej wypływających, na co wskazuje fakt że ów ruch wcale nie jest stateczny lecz periodyczny* i że prędkości krytyczne tak [illegible] źle się zgadzają z obliczeniem. Sądzę że jest to przypadek analogiczny do oporu ciał poruszonych w cieczy gdzie rachunki oparte na idealności cieczy (i nieuwzględniające zaporowania wirów wskutek tarcia i przylegania cieczy do ścian) do zupełnie mylnych prowadzą wniosków.

Zaznaczyć też trzeba, że wszystkie przykłady dotychczas w ten sposób obliczone wymagają po za otworem pewnej określonej prędkości wypływu przy danem ciśnieniu i nie rozwiązują pytania co się stanie jeżeli wskutek zmiany ciśnienia panującego przed otworem owa prędkość się zmieni.

Co do powstawania „żył wypływu" doświadczenia wykazały że nie potrzeba wcale specyalnych przyczyn jego powstawania gdyż owo zjawisko objęte jest ogólnemi prawami ruchów dynamicznie podobnych dla cieczy lepkich.

Wątpię czyby się ukazało w wodzie dobrze wygotowanej!

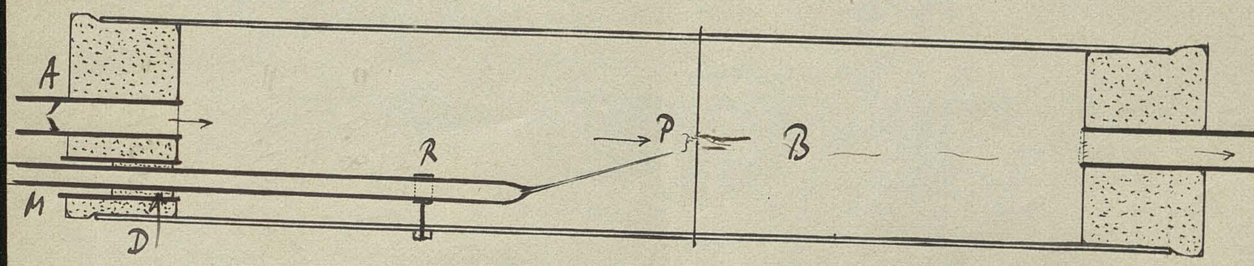
To jest bezwątpienia w związku z ruchami kłębiącemi (turbulent) i z powstawaniem tonów w piszczałkach etc.

i znajduje swe wytłomaczenie we wpływie bezwładności cieczy wydostającej się (wpływ lepkości w miarę podwyższenia prędkości coraz więcej [illegible])

Z rysunków (sprawdzić można dzięki prawom podobieństwa o zachowaniu się rozmaitych cieczy, o dowolnej gęstości i lepkości; a tak samo też (przeprowadzić możemy) wpływ rozmiarów otworu, gdyż łatwo z równań wyprowadzić wniosek, że prędkości odpowiednie muszą być odwrotnie proporcjonalne do rozmiarów ... zatem „żyła" tem łatwiej wystąpi im większy otwór.

Wreszcie do zupełnego objaśnienia całej kwestji pozostaje jeszcze do zrobienia zadanie do którego [illegible] teoretyczne obliczenia na podstawie równań . . . w przyszłości postaram się powrócić.

Z [illegible] fizycznych [illegible] — —



$$\frac{13 \cdot 0{\cdot}08}{64 \cdot 0{\cdot}0073} = \frac{13 \cdot 4}{3 \cdot 7{\cdot}3} = 52 : 22 = \frac{26}{11} = 2{\cdot}36 \ \frac{m}{sec}$$

$$84 \cdot 84 = \frac{83 \cdot 9}{74{\cdot}7}$$

$2{\cdot}36 : 747 =$

$$\frac{2{\cdot}36 \cdot 34}{13}$$

54
72
6·12

$6{\cdot}12 : 747 = 82$
14

$$\frac{2{\cdot}36 \cdot 46}{13}$$

46
368
828

1000
$$\frac{2314}{131{\cdot}4} = 17{\cdot}6$$
80

$\sqrt{3{\cdot}4} = 1{\cdot}85$

1·85 · 14
24
26

6 5 4 3 2

121 14
144 9

$16^2 = 136$
12
256
$15^2 = 225$

$\sqrt{2.4} = 1.55$ .44
1 40 : 2
6.2
21.7

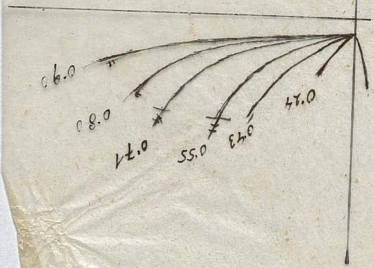
$\sqrt{1.35} = 1.16$ .14
4 6
16.2

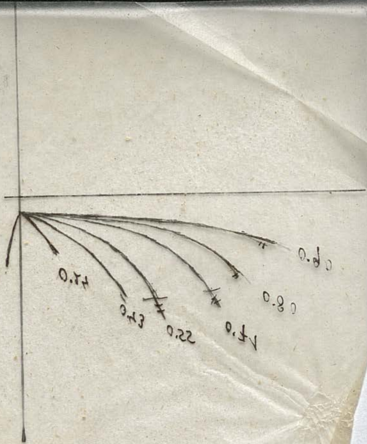
$\sqrt{0.66} = 0.8$ .14
11.2

$\frac{\rho u^2}{r} = \frac{p}{r} = \mu \frac{u}{r^2}$

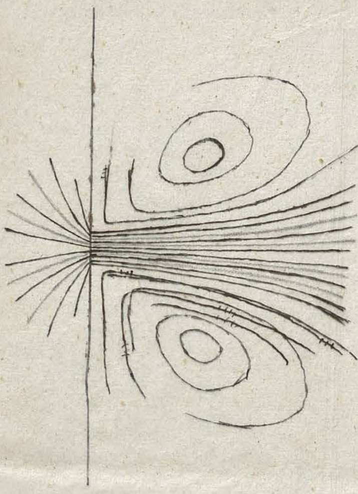
$\rho u^2 = p = \mu \frac{u}{r}$

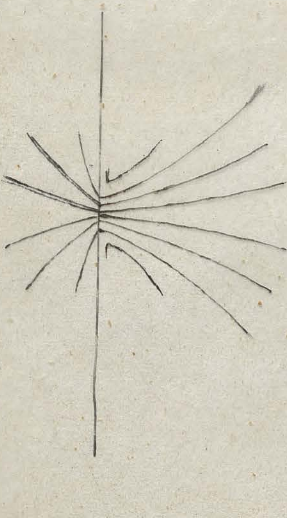
$\mu \nu \frac{\rho}{\mu} \frac{1}{r}$


0.90
0.80
0.71
0.55
0.43
0.24



0'895

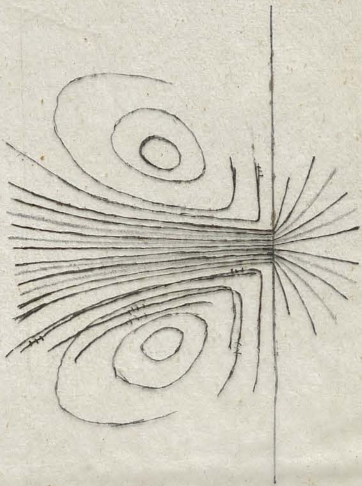




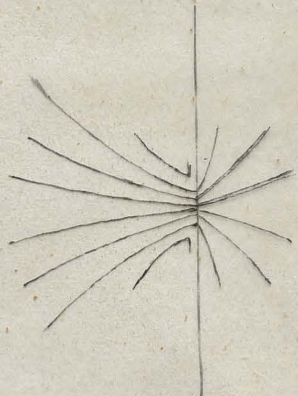
0'450

19

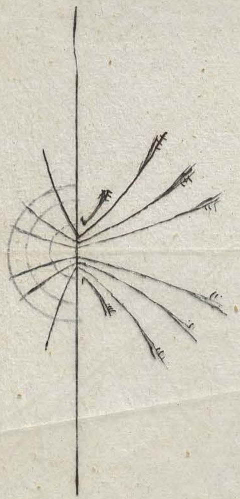
No. 862

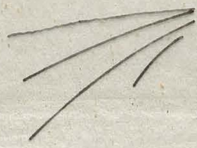


0.750

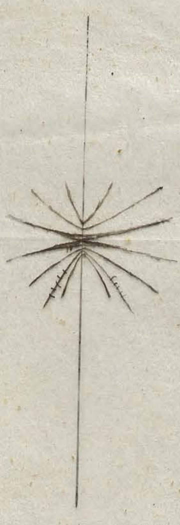


(0'230)

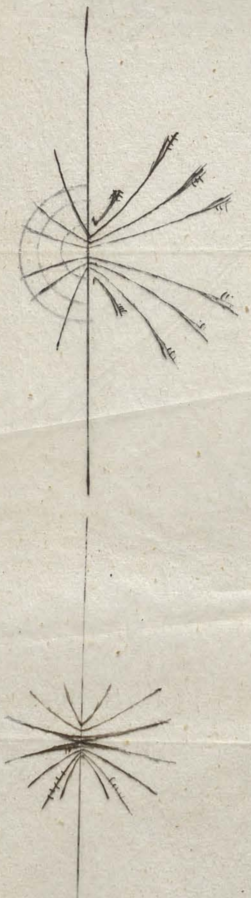


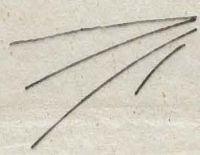


0'140



0'230





0'140

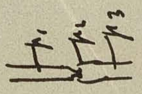
183 Kryszt. Szyn II = 180
180 I 179
143 rotor. 21·3° = 144 rotor
133 wdecyzje 19°

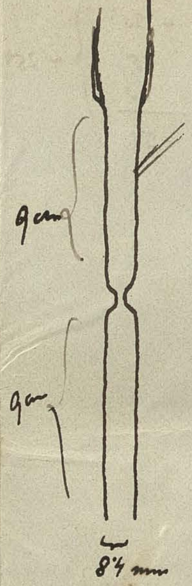
3730
1416
―――
2314
flaszka

54'30
43'35
―――
11'55 g. = woda

$\rho \frac{v^2}{2}$ =

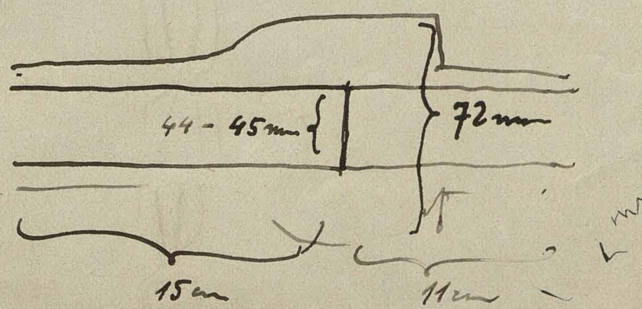
$\rho \frac{v^2}{2} = p_1 - p_2$





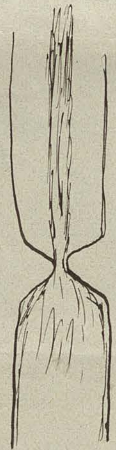
0'93 } przekrój najwęższy
1'00

δ = 0'095 mm blaszki miedzianej
2'45 mm otwór dziury



~~2' 10'5" = 130'5"~~

2'10		3'52		4'30"	
2'.5		3'35		15	
2'15	2'11'4"	3'45	3'47"	30	4'25"
2'12'		3'55		'75	
2'15		3' 187:4 =			
57:5 = 11'4		= 47			





(albo [illegible])

46



[illegible]

13



g = 35

atm 2'10" rozrys. granica 74'2 cm
+3.8

3'52" ~~= 31.7~~
+3.8

2'5"

4'30" 70 = 21.7
+3.8

2'15"

4'15" + (to według pr[illegible] 21.7
+3.8

4'30" "

3'35" 3'17

3'45" "

2'12"

Przy (68) 24 cm się rysuje z powietrza
+3.8

t.j. n=0 dla P = 78 cm, p = 27.8

$11{\cdot}55 : 180 = 0{\cdot}0$

$3{\cdot}85 : 60 = 0{\cdot}0642\ cm^3$ = 1 kropla Sgr. II

06258
25285
80973

06258
15836
90422

$0{\cdot}0645\ cm^3$ = 1 kropla Sgr. I

$0{\cdot}0802\ cm^3$ = " wstr.

~~245 . 3.14~~ 0·245
0·1225

~~0·38917~~
0·08814 −1
0·17628 −2
0·49715
0·67343 −2

~~0·04778~~

0·047144 = przekrój

$$\frac{0{\cdot}0802}{0{\cdot}0471} = \frac{0{\cdot}67343}{0{\cdot}23074}$$ (90417)

= 1·70 cm

$$\frac{\text{1 kropla wstr.}}{\text{min.}} = \frac{1{\cdot}70}{60}\ \frac{cm}{sec} = 0{\cdot}0283\ \frac{cm}{sec}$$ przeciętna prędkość w przekroju

~~1 kropla II = 1·37 cm~~

$0{\cdot}093 . 0{\cdot}1 . \pi =$ 3·14, 942, 2826

$$\frac{0{\cdot}0292}{4}\ cm^2 = 0{\cdot}0073\ cm^2$$ = przekrój

flaszka na minutę :
$$\frac{2314}{0{\cdot}0073 . 60} = \frac{2314}{0{\cdot}438} =$$

36436
64147
72289

36436
86332
50104

$$= 5283\ \frac{cm}{sec} = 52{\cdot}83\ \frac{m}{sec}$$

Granica rozrywania		przy zwiększeniu ciśnienia p (flaszka)		v	teoret. prędk. do wytrysku $\sqrt{2p}$	
< 1 atm. / 1 atm. (7·42)	25·5 cm/g (27·8)	265"	50104 − 42325 = 07779	11·96 m/sec	8·24	14
1·8	35·5	227"	50104 35603 14501	13·96	9·73	19
p = 3·4 at.	78·0	131·4"	50104 11860 38244	24·12	14·42	26·3 / ~~22~~ 05

Glycerin wodn. $\left.\frac{}{\text{wodn}}\right|_{17.50}$ = ~~1.095~~ = 1.00085 = ~~1.094 obs.~~ = 3 ~~7.5~~ %

Glyc. I $\left.\frac{}{\text{wodn}}\right|_{20}$ = 1.095 = 1.094 obs. = 37.5 %

Glyc. II $\left.\frac{}{\text{wodn}}\right|_{20°}$ = 1.1166 = 45.8 %

Δ1°: $\frac{1}{32}$, $\frac{1}{28}$

$\mu_1 \big|_{\theta=17°}$ = 0.01094

3.384 . 1024
08
14
3466

$\mu_2 \big|_{\theta=19.7°}$ = 0.03465

65128
04805
01030
70963

$\mu_3 \big|_{19.5°}$ 1066 : 238 = 4.48 . 1.117 . 0.01024
114
19

448
896
1792
459

= 0.05124

$\frac{0.01094}{1.00085}$ = 0.01093

$\frac{0.03465}{1.095}$ = 0.0316.

$\frac{0.05124}{1.117}$ = 0.0459

3465 : 1095 = 3164
180
70
4

4478
448
90
5016

stosunek podobieństwa: $\frac{3164}{1093}$ = ~~4443~~
5003
0386
η = 4617

2.895

4.200

$\frac{459}{1093}$ = 6618
0386
η = 6232

6232
+ 7782
4014

23

Glyc. 75% 6·2 14·9 25·1°

0·6523 0·3900 0·2803

65% 8·5

0·2221

8·5

49·8% 0·0925

19·5°

45·8% ~~0·0454~~ 0·0512

37·5° 17°

0·01094

8145 5911 4477

1855 4089 5523

fl. 153 256 357 ~~299~~ 313 327 341 356

ϑ 8·7 6·1 ~~17°~~ 18° 19° 20° 21°

103 : 8·7 = 16 12

101 : 6·1 = 16·6
400
340

286

~~15°~~ 16°

fl.	151	161	171	182	2·57	2·72	2·88	3·04	3·20	3·37	3·55
ϑ	6°	7°	8°	9°	15°	16°	17°	18°	19°	20°	21°

Glyc. min 8·1 14·3 20·3

25·18 13·87 8·304

4011 1389 9193

5989 8611 0807

0·0394 0·0726 0·1204

332 : 6·2 = 53 22

478 : 6 = 8·0

4 6·7 9·4

0·0390 432

0·0

							70	77	84	92	100	108	117		
8°	9°	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20			
4	44	49	53	58	6·2	6·7	7·2	7·6	8	8·4	8·8	9·3			

	=0·204	0·552	0·906		
I). g =	7·2	19·5	32		
II). g =	17·5	39·5 (=30·5)	65 / 57	98 / 106	119
III g =	29	43·5 / 42 (=(33))	77·5 / 83		

$\frac{25}{32} \cdot 0·904$ 113 / 4 226 565 2·8204 = 706

581

26

0·0283 . 72
———
1

4518	4518	4518	~~862~~	8096	8075
8573	2900	5051		6734	6734
3091	7418	9569		1362	1341

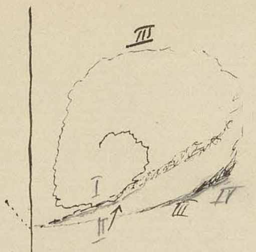
1362	1362	1362	1362	1362	1362	1362
2430	5966	7559	8129	9912	0253	0755
3792	7328	8921	9491	1274	1615	2117
4617	4617	4617	4617	4617	4617	4617
0·239 :60	0·540 :60	0·780	0·889	1·34	1·45	1·63
9175	2711	4304	4874	6657	6998	7500
~~0.0~~827	187	269	307	463	501	562
0·0138	0·0~~312~~ 296	0·0~~449~~ 434	0·0512 0·0490	0·07~~72~~ 756	0·0835	0·0937

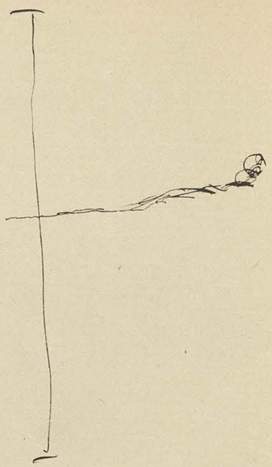
1341	1341	1341	1341
4624	6385	8893	9191
5965	7726	0234	0532
4014	4014	4014	4014
1951	3712	6220	6518
0·0157	0·0237 225	0·0428	0·0443

0·89 . 2·89
2316
26015
1576

2·58 : 9 = 2·87

0·86 : 2·9 = 0·3





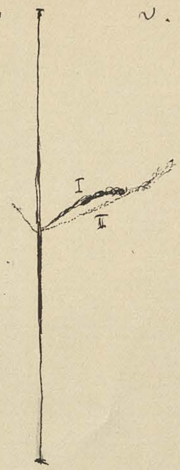
I = h = 18·0 cm

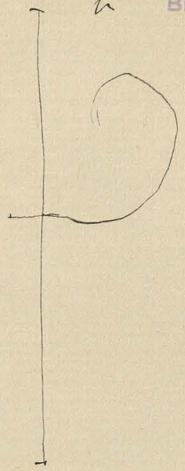
II = 18·0 (Vacuum 70 cm)

III h = 39 cm

IV = Vacuum 65 cm

h = 8·5 cm
I

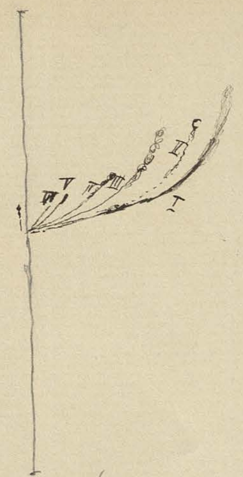




Vacuum 70 ...

II. h = 18·0 cm
12h 43

I = 39cm



II = 33cm

III = 24 cm

IV = 16.5 cm

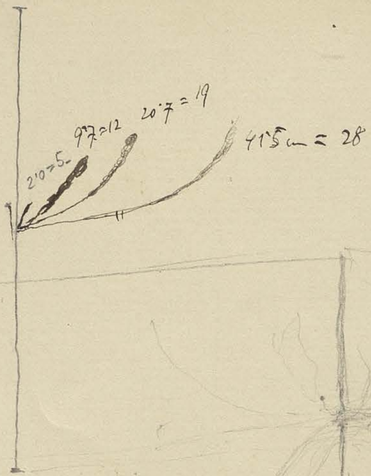
V = 9.0 cm

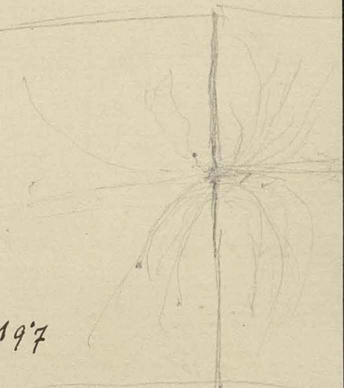
VI = 5.5 cm

/ 41.5 cm 28 kapl.

/ h = 24cm / 20.5

= 9.5 kapl./min.





$\frac{41.5}{20.7} = 2$ 28 : $\sqrt{2}$

138 : 1.42 = 19.7

10

41.5 : 9.7 = 4.28 $\sqrt{4.28}$ = 2.06 28 : 2.06 = 14

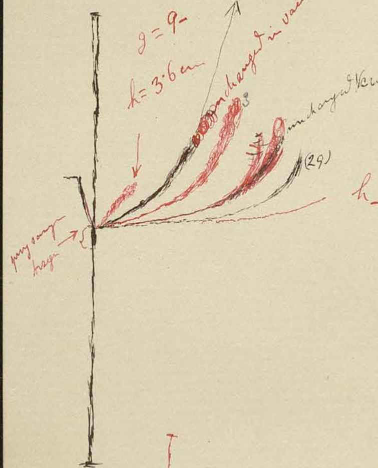
27

8

$\sqrt{20}$ = 4.5 28 : 4.5 = 56 : 9 = 6.2

h	g cm	g ob. $\sqrt{h}$
41.5	28	
20.7	19	19.7
9.7	12	14
2.0	5	6.2

15.8 : 552 14
19.5 484
31
1.24
431



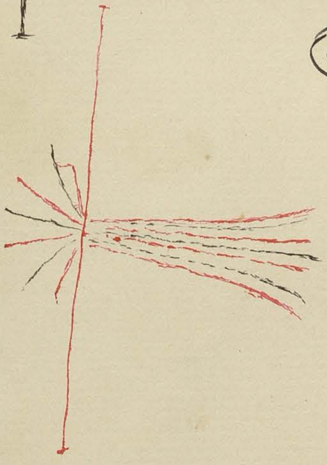
$h_1 =$

$h_2 = 28.0$ $g = 25$

$h_3 = 17.3$ $g = 19.3$ (0.55)

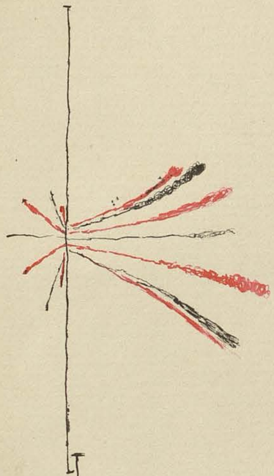
$h_{-1} = 47.5$ cm $g = 32$

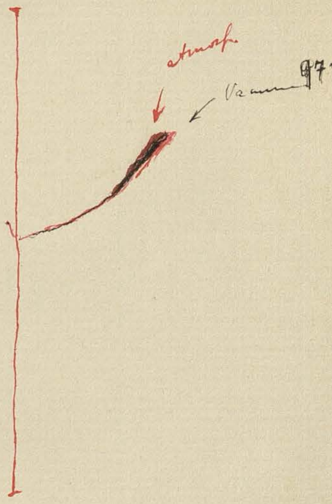
0.906



0.552

$h = 17.4$ $g = 19.5$







$h = 2.8$

$g = 7.2$

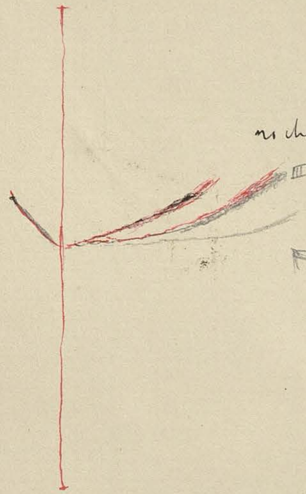
0.204

$\theta = 17.0°$ C

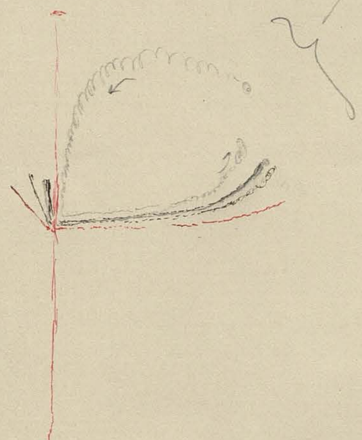
2^h15 -

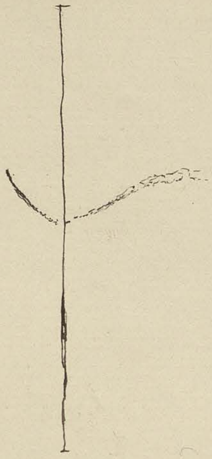
29/V 7^h15

29/V 1904



no change p = 95 mm
III atm.
h = 24'4
g = 23'5
IV = Vacuum 94 mm
g = 30
h = 39 cm







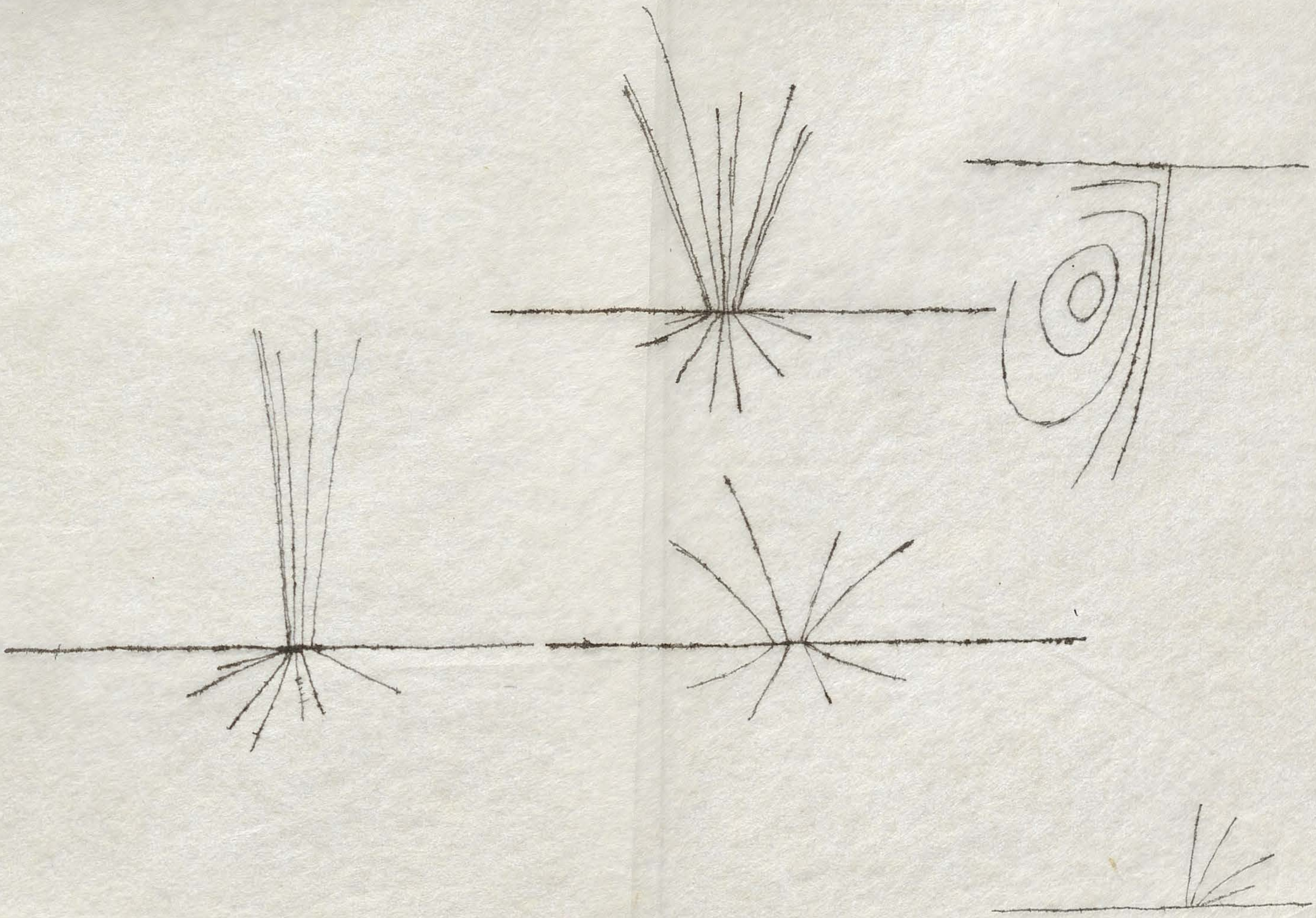
I. p = 92 mm
II = atm.
7'5 g.
h = 3'1 cm
h = 6'4 cm
11 g

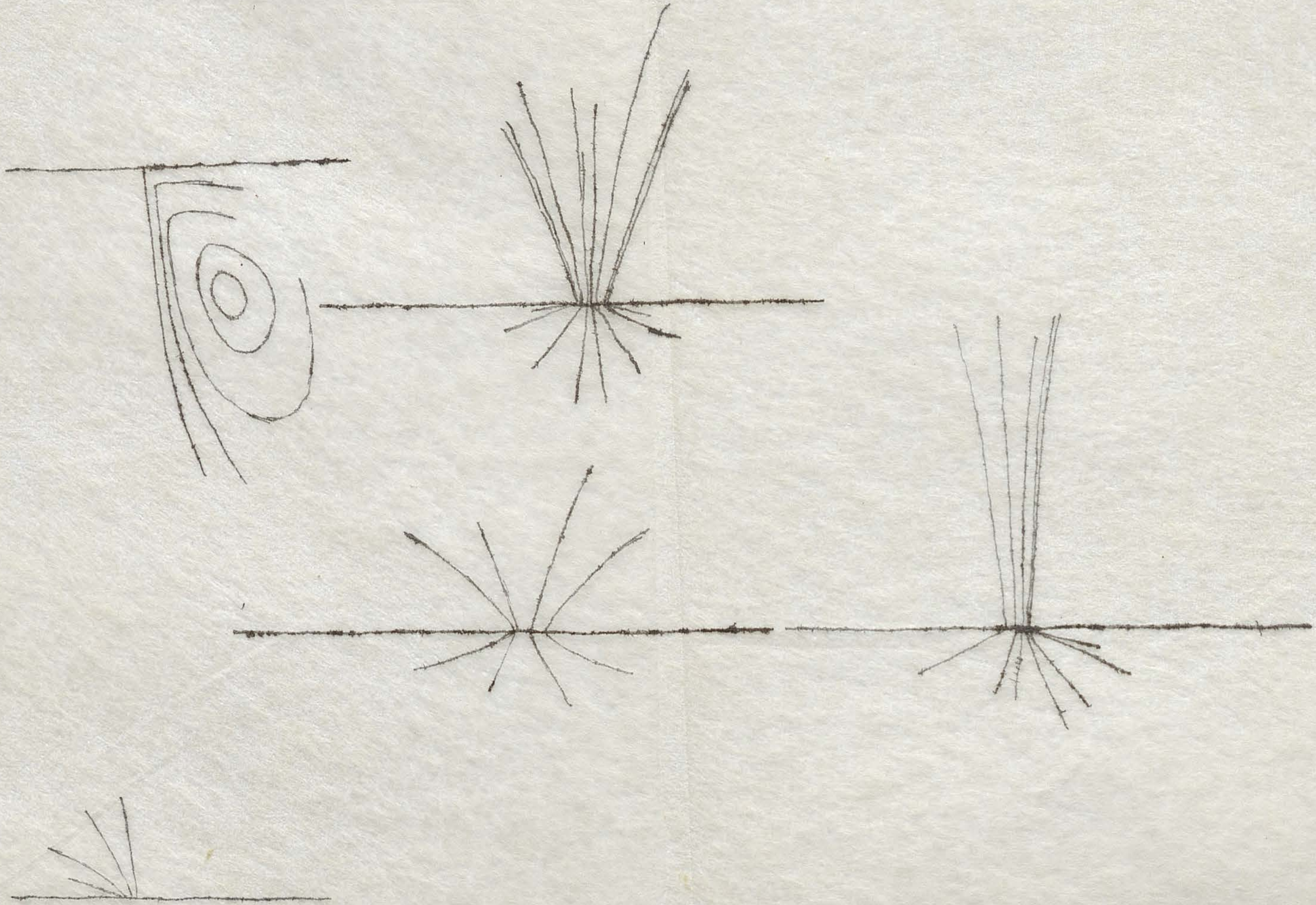


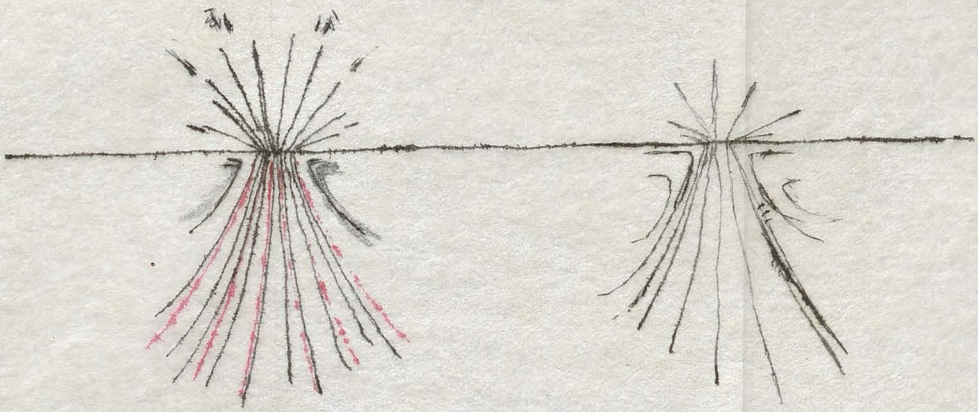
no change vacuum 92 mm

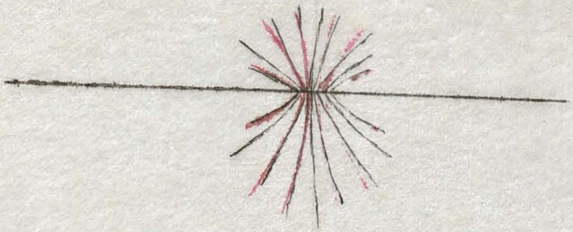


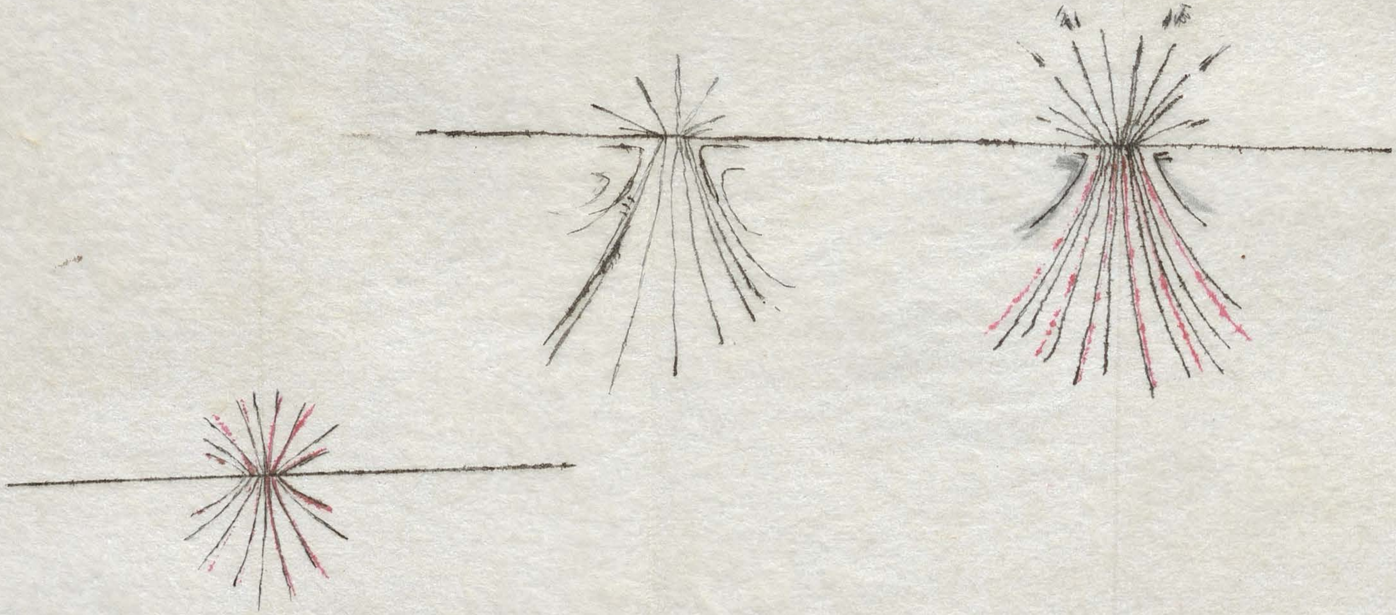
h = 10'5 cm
Vacuum
change
h + 1 cm (…d)
= 11'5 cm
g = 16'5











h = 17·4 cm
g = 19·5

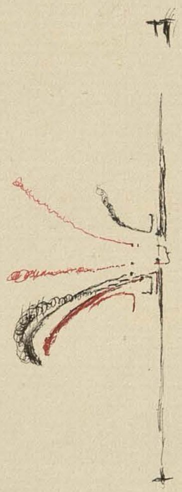
?/4te Cy

30/V 1904 2nd Cy
10^h – 1^h 30

28

(0·552)

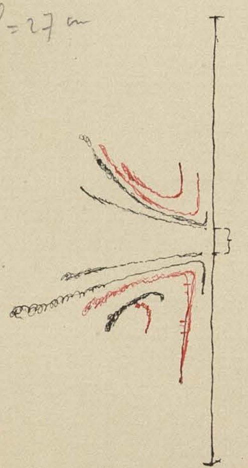
(17·2)



θ = 15·8

h = 2·7 cm

h = 3·0 cm
g = 7·3



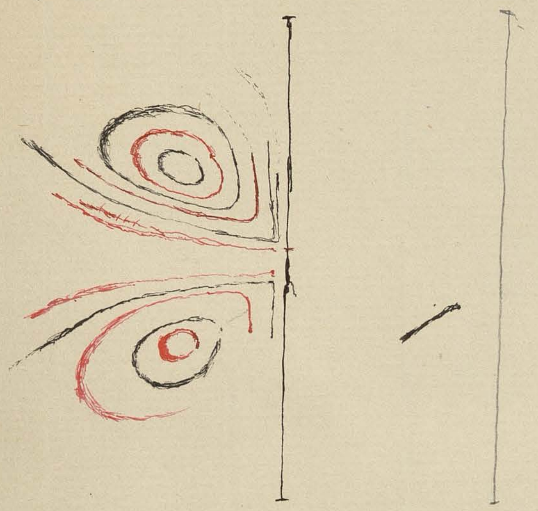


$h = 46.8$

$g = 31.5$

$5^h30 - 6^h45$

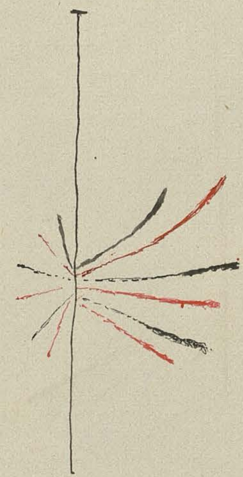
(0.890)



$\theta = 16.8$

Gly. 6/6

$\rho = 57$



θ = cca 18·6

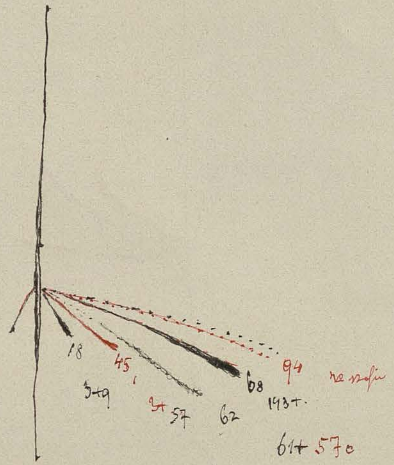
~~11~~/32 . 449
45
15 49'
17'

~~0·0449~~

0·0434

$\theta_{Lf} = 19{\cdot}2$ 7/6 10h20 1).

$\theta_c = 18{\cdot}9$ 11h



7/6 (2) Glyc. 1

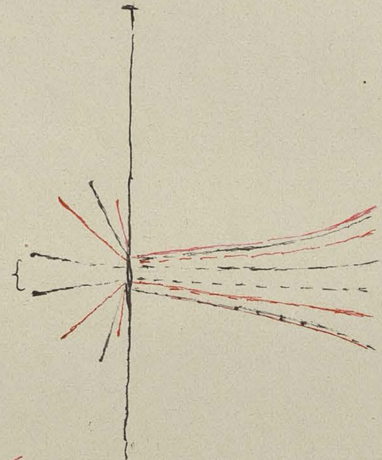
53 + 5·49 = 245; 245 + 53 = 298 ex + 54c

h =

σ = 4·5
3·4
3·4
4·6
3·5
3·6
4·8
3·9
4·6
3·2
4·0
43·5 : 11 = 4·0

$\frac{4}{25} \cdot 45 = 7{\cdot}2$

g = 106



$\theta_L = 19{\cdot}5$

fin à 12h

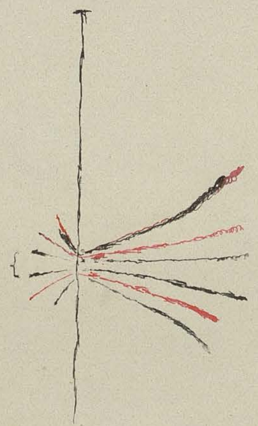
0·0835

3).

Gly. 6/6

g=65

h=121 +



$\theta_c = 18.3$

~~0·0449~~

$\Delta = \frac{1·4}{32} = \frac{0·7}{16}$

~~0·0512~~

$\frac{32.7}{22.4}$

0·0490
= corr.

4).

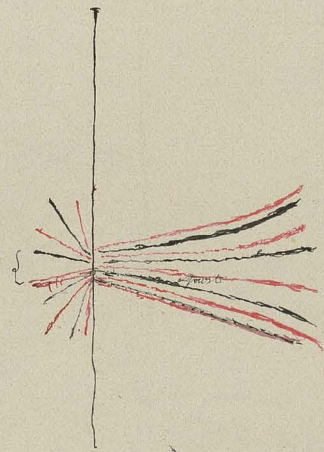
Gly. I 6/6

h = ca 245 + 52 c

∧ h 28°

g = 98

θ ∠ 19°



~~0·0772~~

0·0756
corr

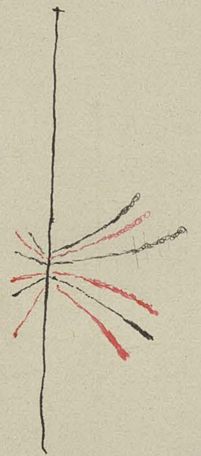
2) 1h)

Gly.. 6/6

$h = 5.6\ w + \dots$

$\theta_c = 18.1$

$g = 39.5$



$\frac{1.6}{32}$

~~0.0312~~

0.0296

corr

1h30

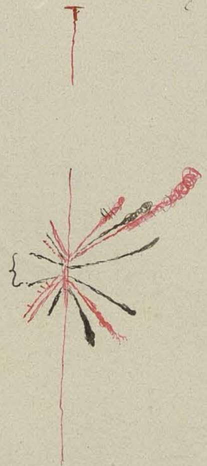
Gly 6/6

$g = 17.5$

$h = 2.5\ w. +$

$16.2\ h$

$\theta_L = 18.6$



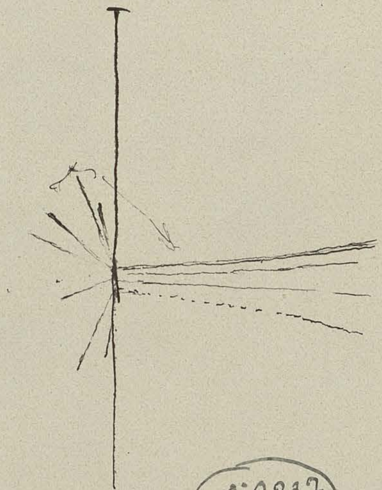
$\frac{1.1}{32} \cdot 138$

~~0.0138~~

0.0134

7/6 5h Vakuum 47 cm

g = 119



0·0937

7/6 4h

$\theta_{z} = 19{,}5$

g = 63



$\theta_c = 18{,}6$

[illegible]

[illegible]

$\mu_{19.7}$ = 0·01024 . 3·384
676
135
0·03465 = μ sług. roztw. 37·5%, 19·7°

2397·5
198·7
2198·8 . 0·183
175904
65964
40238

40·69 stare
79·65
38·96 . 0·183
31168
11688
7·130 g

21·206
7·130
28·336
= 1757
3215 g. : 0·183
1385
104
13

309618
12
3167

1757
199
1956

ϑ = 19° ϑ = 20°

27·025 25·240
6·443 6·443
20·582 : 18·797 = 1·095 gęstość roztworu względem wody równicy
1·785
93

26·950
6·443
= 1·

7/6 12h30

μ roztworu 34 31"

μ woda : 237" 239"
dest. 20°
pow. 19·5°

c. 19·4°
47' 27"
59' 42"
12' 15" = 735"

735 : 238 = 3·09 . 1·095
21
2781
155
3·384 =

μ względem wody 19·7°

1010 1·095 875 6 75 ~~38%~~ (37·8%) 6/13·5 . 5 = 2·2 27

$\mu = A \frac{t_0 - t}{t - T_1}$

$\frac{\mu_2}{A}(t_2 - T_1) = t_0 - t_2$

$\frac{\mu_1}{A}(t_1 - T) = t_0 - t_1$

$\frac{\mu_2 (t_2 - T_1)}{\mu_1 ...} = t_1 - t_2$

$\frac{\mu_2 (t_2 - T) - \mu_1 (t_1 - T)}{A} = t_1 - t_2$

$\frac{\mu_3 (t_3 - T) - \mu_1 (t_1 - T)}{A} = t_1 - t_3$

$\frac{\mu_2 (t_2 - T) - \mu_1 (t_1 - T)}{\mu_3 (t_3 - T) - \mu_1 (t_1 - T)} = \frac{t_1 - t_2}{t_1 - t_3}$

262	6·2	0·652	81425	18575	1534	181
	14·9 (8·5)	0·390	59106	40894	2564	339
110	211 (20)	0·280	44716	55284	3571	

$\frac{2·3}{8·7}$. 103 16

1·1 . 1007
6·2   18

0·552₅

0·295

2577	7423
5302	4698

9661
4698
4359
− 7423
6936

0·552₅ : 0·0925 = 0·295 :

0·0494

osiekwać można przy 49·8% (46) Slyc. μ_{20} = 0·0494

zredukowano przy 37·8% 0·0346₅

3·8 . 148 / 1·2
12

~~0·0448~~

46·8% potrzeba

$\frac{34}{148}$. 12 3
37

$x \cdot 96 + a \cdot 37·8 = y \cdot 46·8$. 53·2

$x \cdot 4 + a \cdot 62·2 = y \cdot 53·2$ 46·8

$x = a \frac{62·2 \cdot 46·8 - 37·8 \cdot 53·2}{96 \cdot 53·2 - 4 \cdot 46·8}$

$= a \frac{62·2 - 37·8 \frac{53·2}{46·8}}{96 \cdot \frac{53·2}{46·8} - 4}$

53·2 : 46·8 = 1·137
640
172
32

37·8
37·8
1134
2646
42·98

96 . 1·137
10233
6822
109·15
− 4

62·2
43·0
19·2 : 105·2 = 0·183
87
3

x = a x

Wpływ błędów wskutek (stanowczy)
Przegląd kontrakcyjnych:

$$\frac{\frac{\rho}{\mu}\frac{dv}{dt}}{\mu} = \frac{dv}{dt}\left(\frac{\rho}{\mu}\right)^2$$

Zatem wystarczy jeśli np.

$\mu^2 =$ [illegible] 10 razy

$\mu = 3{\cdot}2$ (cca 30% Glycerin)

		15°	20°
Drucke	30%	1·0750	1·0740
(Gerlach)	35%	1·0885	1·0875
	40%	1·1020	1·1010
	45%	1·1155	1·1145

$\frac{dv}{dt} = 0{\cdot}0002$

65
70

Zähigkeit

$4^h 46\ 45$ 16°5 = pov.
$59\ 9$ 16·7 = fl.
$12^m 24^s$

$4^m 22$

$$\left.\frac{\delta_{\text{mixt.}}}{\delta_{\text{woda}}}\right|_{17^\circ} = 1{\cdot}094$$
$$= 1{\cdot}093$$

$\delta = 1{\cdot}26_0$

35%	1·088	37% - 1·093₄
40%	1·1015	

$= \frac{37}{22}\ 46 : 87 = 42{\cdot}5$

13·5 : 5 = 27
27 : 86·5 = 5 [illegible]

$\delta_{Glyc.} = 1{\cdot}2285$

86·5
[illegible] %

13·5%

43 [illegible] Gew. Glyc. / 57 wody

Glycerin Kubisch. [illegible]

$$1 + 0{\cdot}0004853\,t + 0{\cdot}0000004895\,t^2$$

$$\frac{d}{dt} = 0{\cdot}0004853 + 0{\cdot}0_6979\,t$$

16·6
8853
1664

$$\left(\frac{d}{dt}\right)_{17^\circ} = 0{\cdot}0005019$$

H_2O
$d_{16} = 0{\cdot}998976$
$d_{17} = 0{\cdot}998808$ } 0·000180
$d_{18} = 0{\cdot}998628$

Zähigkeit

Glycerin (rein) (Schöttner)

2·8°	42·20
3·7	39·52
7·4	26·83
8·1	25·18
13·6	14·79
14·3	13·87
20·3	8·304
20·9	7·776
25·6	5·413
26·5	4·939

Wasser

0°	0·018086
16°	0·011216
17°	0·010939
18°	0·010672
19°	0·010414
20°	0·010164

$$\rho\frac{u^2}{x} \equiv \frac{p}{x} \equiv \mu\frac{u}{x^2}$$

$$\rho u \equiv \frac{\mu}{x} \qquad p \equiv \rho u^2 \qquad \| \ x = 1$$

$$u \equiv \frac{\mu}{\rho} \qquad p \equiv \rho\left(\frac{\mu}{\rho}\right)^2 = \frac{\mu^2}{\rho}$$

Tara ~~1987~~

736'5
2814'0

2077'5 · 43/57

83100
62325

893325
323
383
417

1766'0

1987

:57 = 1567'2 ← [illegible] 86%

7836
10970
8933

1269'0
198'7

1070'3 : ~~57~~ 43 = 2489'0
210
383
39

2489 . 57
12445
17423

141873
736'5

2155'2 ← voda

$\frac{\alpha\, gl}{(1-\alpha)\, gl + w}$

1567 . 86'5

1567 + 2155'2 + [illegible]

3722'2

43 · ~~86'4~~ / ~~96~~ = 38'7 %

Tara 21'206 g.
64'455

43'249.

~~25'4 / 19'7~~

~~4048~~
~~8432~~
~~5616~~

~~1303~~
~~1951~~
~~3254~~
~~11~~
~~211'5~~
~~2155'2~~
~~21667~~

19507
93702

13209
− 57081

56128

36415%

$\frac{\alpha x}{a + x} = \gamma$

$\alpha x = \gamma a + \gamma x$

$x = \frac{\gamma a}{\alpha - \gamma}$

$= \frac{a}{\frac{\alpha}{\gamma} - 1}$

$= \frac{43'249}{\frac{96}{36'415} - 1}$

$= 43'249 \cdot \frac{364}{59'585}$

63598
56110

19708
− 775135

421945

26'421
64'455

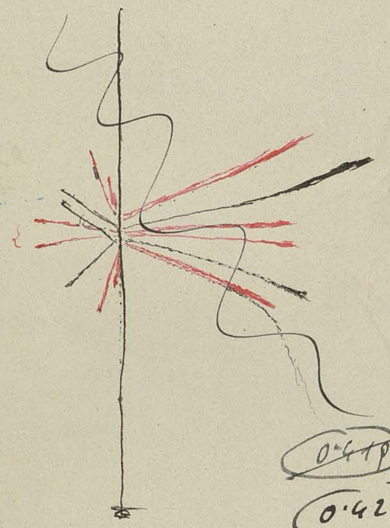
90'876

(2) 11/6 Sz. II

$1^h 35$

$g = 77'5$ na wschodzie

$\theta \sim 19°8$



~~0·418~~

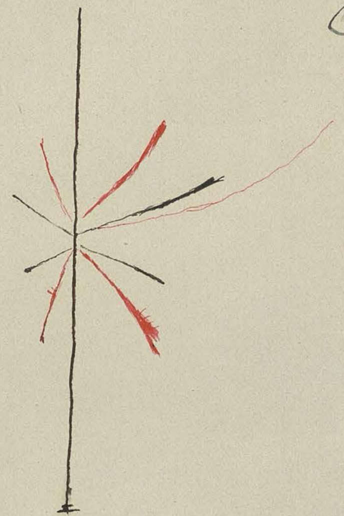
0·423

(1) 11/6 Sz. II

$g = 43'5$

0·237

~~0·3 .235~~



$d\frac{20}{20}$ Slz. Lösung (Inulin?)

47	1·1199
46	72
45	45
44	18
43	1091
42	64
41	37
40	10
35	0875
30	0740
25	0610

~~6·2 : 0·6523~~

Zitrg. Slz. 75% : 14·9° : 0·3900

21·1° : 0·2803

64·05% 8·5 : 0·2221 3466 6534

49·79% 8·5 : 0·0925 0661 0339

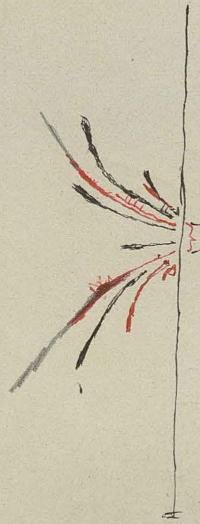
H_2O :		
16°	0·011216	
17°	10939	
18°	10672	
19	10414	
20	10164	
21	9922	
22	9688	

0492 9508 8·3

0068 9932 8·5

11/6 Slz. II

$7^h 30$ g=42 $\theta_2 = 19·2$



~~0·0227~~

0·225

~~0·3 / 28~~ , 227

25·2405
6·4
18·8

Slz. II 28' 14"
46' 0
$\theta = 19·5$ 17' 46" = 10668

δ_{H_2O} 21° =	0·998042
18° =	642
16° =	988

$\theta = 20·3$) 27' 429 25' 2405

25' 2405
2' 1885 : 18·8 = 1·1166

20·6

308
1205
77

" 45·8%

11/6 Elyc. II

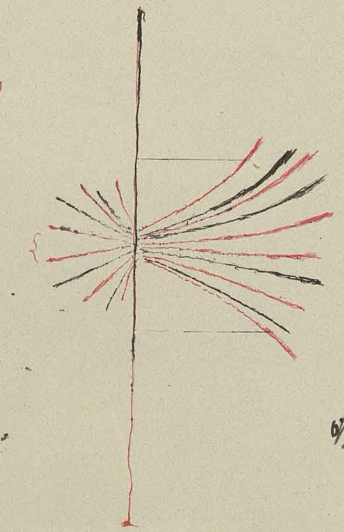
(4)

4^h

$g = 83$

$\theta_L =$

$\theta_c = 19.1°$



0.449

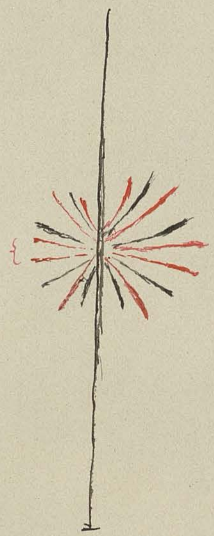
0.443

4/28

11/6 Elyc. II

(3) $3^h 30$

$g = 29$



0.157

43' 30"

10' 45"

27' 15"

1620

1635 : 238 = 76

~~1666~~

1428

207

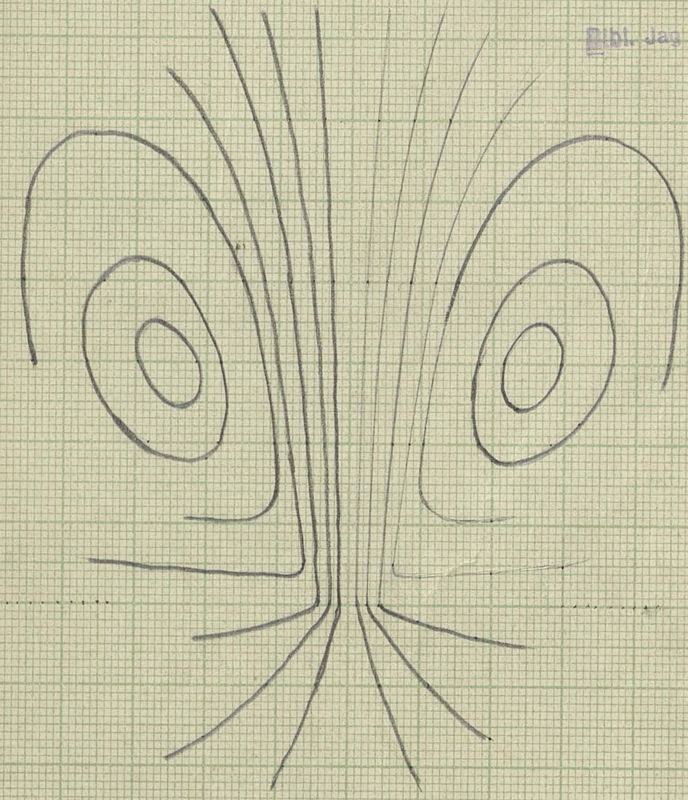
10

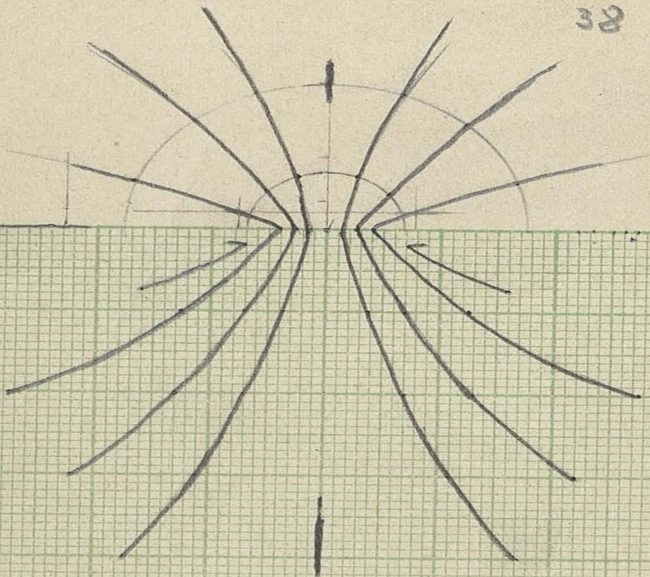
45 ~~...~~3

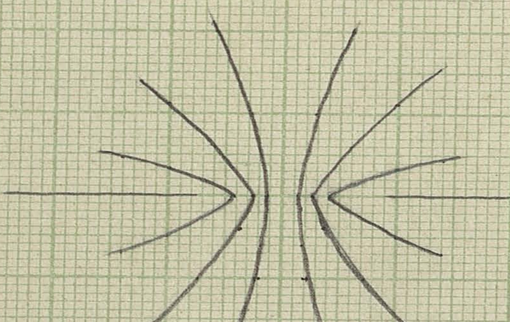
9,5 cm

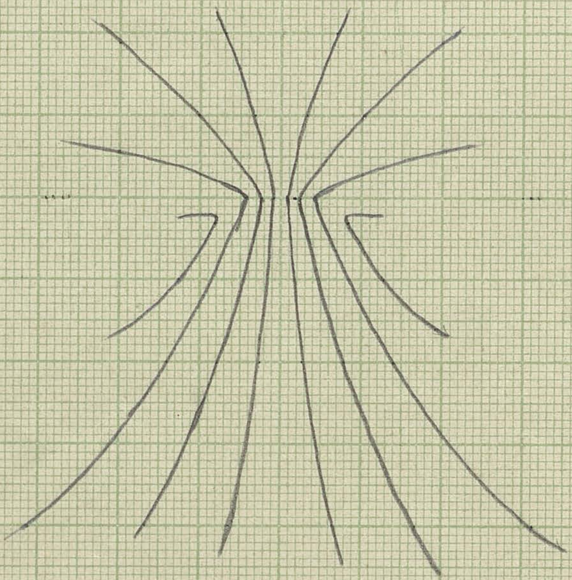
g = 49

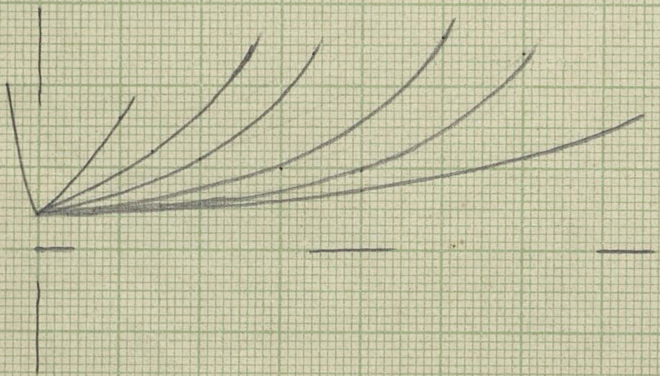
g = 40











373 : 85 = 4·4

16 = 1·00085

dolać 4·4 mg wody

18·8

96

równoważny : 1·16 ‰

(17·5°)

−15·4 +0·2 (16·2°)
14·6 −0·2
14·4 −0·6
−14·65
14·2 −0·2

25·39 −7·4

25·3257

25·32

+0·1 −6·1
0·0 −6·2
−0·2 −6·1
−0·3

−0·1 −6·1

25·25

−3·1

25·248

−12·9 +0·6
−13·2 +0·4 −6·3
−13·4 +0·2
−13·0 12·9 +0·4

25·314

+7·8 0·0
7·6 0·2
7·4 0·1
+7·6

25·316

+3·8

25·25

0·0 −16·5
−0·4 −16·3
0·7 −16·0
1·1

−16·3

−0·55

−8·4

25·245

1·0745 : 18·8 = 1·00396
000 23
1·00373

δ = 0·0745

10·1 : 6 = 1·7 mg

25·321

25·2465

0.2 + (5.0)		25.255	2.6	+ (1.7₅)
-0.2	+10.0	+3.4	+3.0	+0.8
+0.1	+9.6		+2.5	+1.0
+0.4	+9.5	25.2533	+2.4	+0.9
				0.9
+0.6	9.6		+2.4	
		25.270		
+5.8	+0.6		-2.8	+2.7
5.5	+0.6	Δ=0.016	-2.3	+3.0
5.3	0.6		-2.6	+3.0
5.2			-2.4	+2.9
5.45	0.6	25.2692	-2.3	(+0.3)
+ (3.0)		+ 1.65		

2.4	-11.4	25.274
2.8	11.2	
3.1	11.0	
3.4	-11.2	
-2.9		
	-7.05	

2 = 1mg

41.

25'2 58

−10'6	−1'1	
−10'8	−1'2	
−10'8	−0'6	25'255
−10'6	−1'0	
−10'4	−1'1	−5'08
−10'6	−1'0	25'275
−8'7	−0'6	
−8'3	−1'0	
−8'1	−1'3	−4'65
−8'0	−1'0	25'2725
−8'3		

δ=17'5

δ=16 mg

25'27

+0'6	−4'6	−6'0	+0'0
+0'4	−4'5	5'8	−0'2
0'0	−4'4	5'7	−0'1
−0'2	−4'4	5'8	−2'95
−0'3	−4'2		
−0'5			

15'0

−2'2

25'2 58 5

+10 mg

~~+8'2~~	+ 15 mg		+10'6
+8'2	+1'6	−0'4	+10'4
8'0	+1'4	−0'2	+10'2
7'8	+1'1		
7'6	0'9		
7'4	1'25		
7'8	−3'3		

25'285

25'28

10'0 +5'0

−6'7	−0'2
−6'5	−0'4
−6'4	−0'3
−6'5	

−3'4

8'4 : 5 = 1'7

δ= 14'5

25'273

42

2·0 +2·3 2·1 1·9 1·7 } 25·250 −1·2
−4·8 −4·7 4·9 4·8

−2·8 −2·9 −2·8 } 27·015 −1·4
+0·1 0·0

+1·9 2·0 2·2 } 27·011
+9·2 9·0

~~8·6~~

−1·4 1·0 −1·0 } 6·443
+0·3 0·4

27·015 25·250
6·443 6·443
20·572 : 18·807 = 1·094
1765
73
8
75

29·564
6·443
23·121 : 18·807 = 1·2295
4314
553
177
8

~~18807~~
~~376~~
~~642~~
~~23132~~

1264
1261

Sp. Zähigkeit / Wasser bei derselben Temp.)   1 gr Mol. in 1 Liter

NaCl : 23 + 35·5 = 58·5 = ca. 5·85 / ~~100~~ %

NaCl :	17°6	1·093	Arrhenius
	20°	~~[illegible]~~	
		1·1069	Mützel
	25°	1·0973	Reyher

czy +3·4 −1·6 25·25₀₅

1·3·4 −1·3 0·9980

3·1 −1·45 ϑ = 16·1°

+3·3 +1·4

0·99870

−6·5 +1·5 25·320

śr 5·8 1·4 25·319

5·7 +1·45

−6·0 −2·3 ϑ = 17·6°

+9·6 −3·0 25·25₁

czy 8·3 −2·1

7·9 −2·6 +3·0

−14·1 −7·2

śr 13·6 7·5 25·320

13·3

25·316

−13·7 −7·35

−10·5 : 2·4 = 4

−2·3 +0·4 25·315

2·0 0·6

1·8 0·3 25·317

1·7 25·2505

Δ = 0·0665

+2·5 +10·2 25·25

+2·6 10·2

2·6 +6·4 25·248

−8·6 +0·5 25·32

8·5 −0·5

8·1 25·3185

−8·4 0

−4·2 : 2·9 = 15

25·317₆

25·250

25

0·067₆

Δ = 0·067

0·0125 : 18·8 = 0·00067

12 0·00076

0·067 : 18·8 = 0·0036

11

0·0038 : 0·00076 = 5

narzuc = 6·6

−12·5 −1·5
−13·0 −1·5
−13·0
−12·8 −1·5

14·3 : 2 = −7·7

25·25
25·2474
cz.

−3·1 −0·3
−2·5 −0·4
−3·0 −0·7
−2·9 −0·5
−2·9
−1·7

25·263 (b.)
25·2624

−3·4 +0·1
−3·3 −0·3
−3·3 −0·3
−3·3 −0·2
−3·3
−1·7 : 29 = 6

25·250 (cz)
25·2494

25·263
2621
2624
25·2625

25·2511
2494
~~2474~~
2494
25·250

Δ = 0·0125
= 12·5 mg

−3·3 −8·0
−3·5 −7·8
−3·6 −7·8
−3·8

b → θ = 18°

25·264

−7·3 +2·5
−8·0 +1·8
−7·4 +1·4
−7·5 +1·2
−7·4
−7·5 +1·7
−2·9

25·263

25·251
+6·1 +0·4
+5·8 +0·4
+5·6 +0·5
θ = 17·5
+5·5 +0·43
+5·75
+3·1
25·250

−8·6 −0·4
−8·4 −0·6
−8·1 −0·9
−8·0 −0·6
−8·3
−4·45

25·254
~~25·24~~

b.
−4·6 0·0
−4·6 −0·6
−4·6 −0·8
−0·5
−2·5

25·263
25·2621

cz.
+1·6 −5·0
+0·8 −4·7
+0·6 −4·6
+0·5 +0·9 −4·8
−1·95

25·250
25·2494

44

	ϑ	1·01	
1 %	0°	1·007634	Rossetti
	15° / 15	1·0073	Gerlach
	18° / 18	1·0069	Kohlrausch

1·~~2~~ 2/7

27

10° 1·00039

20° 1·00205

~~15 ...~~ 16

18° : 1·0017

15° : 1·0013 stimmt

1·0018 ~~1·0069~~ 18°

~~Δ = 0·0025~~

1·0014 ~~1·0066~~ 20°

Δ = 0·0003

1·0008 0·0004

[illegible] :

~~3234 · 2/7 = 36~~

1·002047

3134

1615

304 · 2/7 = 434

Rossetti 20 : 1·00720

20 : 1·00715

Gerlach

Kohlrausch 1·00685

1·00707

4·2

58·5·48

58·5·50

1·000

- 4·4 + 1·2
- 4·3 + 1·6
- 7·4
- 7·4 − 1·2
- 7·4 − 1·0
- 7·4 − 0·6

Woda

+2·3 −0·4 2·18

2·2 0·3 0·3

2·1 0·2 2·48

2·1

+0·94 Zero

4 mg

5·2 1·9 7·1 +3·55

5·2 1·9

5·2

2·6 : 4 = 0·6

+1·9 −2·5

1·7 2·2

1·6 2·2

1·6

+1·7 −2·3 Zero −0·3

4 mg : +0·6

+8·3 +0·8

+8·1 1·0

+8·2 +0·8 4·5

4·8 : 4 = 1·2

+2·7

−3·8 2·4 Zero − 0·6

3·6 2·5

3·6 2·2

−3·7 +2·45

4 mj:

+ 2·6 | + 10·4 | − 0·6
2·9 | 10·1 | + 6·5
3·0

8·5

+ 2·8 | + 10·25 | 7·1 : 4 = 1·8
| 2·8 | pro mj
| 13·0

Pyknometr

− 2·1 | + 1·4
− 2·1 | + 1·2 | 24·280
− 1·9
− 2·03 | + 1·3 | − 0·4
+ 1·3
0·73

− 3·9 | 0·0
− 3·7 | | 24·281
| | − 1·9
− 3·8 | 0·0

− 1·9 | + 0·1
− 1·8 | 0·0 | − 0·85 Zero
− 1·6
− 1·77 | + 0·05

Benzik

| + 0·1 | − 1·6
− 3·2 | − 0·1
− 3·3 | − 0·3
− 3·2 | − 0·5
− 3·3 | − 0·6
− 3·2 | − 0·8
− 3·3 | − 1·0

− 3·5 | − 1·3 | 3·5 1·4 4·9 | − 2·45
| − 1·5

− 6·7 | + 0·8
7·0 | + 0·4
6·9 | − 0·1
6·6 | − 0·3 | − 3·25
6·6
− 6·76 | + 0·2
6·5

$\vartheta = 20·4°$

58·500

-6'2 +3'2 Zn

-5'9 +2'8

-5'7 +2'6

-5'5

~~+1'8~~

~~-0'6~~

~~+1'5~~

~~-1'0 +1'23~~

Woda

-2'8 +2'8

-2'6 +2'4

-2'6 +2'4

-2'5 +2'1

-0'6 +7'3

-0'4 7'0

-0'2 6'8

-0'1 6'6

+0'0 6'4

+0'1 34'1 5h17

-1'2

-0'2 +6'8 +3'3

0'2

6'6

dopełn 3mm

2'3

-1'6 +10'3

-1'6

8'7

-2'0 +11'0

-1'8 +10'7

-1'7 10'4

-1'5 10'0

-1'4 9'7

-1'3

+4'35

5h6m

25'227

-4'95 +3'4 -0'76

-5'3 +3'8

-5'4 +3'4

-4'8 +3'1

-4'6

25'229

2 = 1mg

dopełn 3mm kopato

-0'4 16'8

+0'1 16'4

+0'4 15'9

0'7 15'4

1'0

+0'36 +16'1

0'36

15'74

25'227

+7'87

Demit kor

-3'5 +11'4

-3'1 +11'1

-2'9 +10'8

-2'7 10'4

2'4 +10'94

-2'9 2'9

8'0

+4'0

25'262

25'260

25'2275

3 2'5 mg = Δ

Cięż. wł. (względem wody) 20·5°:

25·276 − 6·444 = 18·832 : 25·248 − 6·444 = 18·804 =

1 + 28 / 18·804

1·00150

1 + 29 : 18·8 = 154
102
8

1·00154

Cięż. wł. solanki 20°/woda 20° = 1·00707

154/707 = 0·22

rzeczywiście zawiera sol. = 2·2 ‰

2137 · 0·0022
4·27
4·7 gr.

Woda

−10·4	+3·1		
−10·2	2·6		25·250
−9·9	2·3		
−9·6	+2·67	−3·3	
−10·025			
2·67	6·35		
−0·4	+3·1		25·247
−0·2			25·248
−0·3	3·1	+1·4	

Ponurka [?] 25·277

−4·3	+0·1	−2·06	25·276
−4·1	−0·1		
−4·0	4·1		

Pyknometr 6·440

+1·2	+12·5		
1·7	12·4	+7·0	
2·0	12·4		
1·6			
−6·1	+3·5		
	+3·4		6·445
−5·8	+3·1		
−5·95	+3·3	−1·3	6·444

woda

−12·0	−7·8	25·250
11·9	8·0	
11·7		
−11·9	−7·9	25·244
7·0 / 198	−9·9 : 47 = 2	

basik

−2·3	0·0	25·276
−2·2	−0·1	
−2·3		
−1·1		25·275

---

woda

−0·8	+2·0	25·247
−0·6	1·9	
−0·6		

---

woda 244
247
248

2463

basik 2755

29

33' 51"
39' 3"
5' 12"

po 8
40"
47
po 29 40"
21 min.

1260 : 312 = 4

$\frac{10^m}{1^h 27} = \frac{600}{200} = 3 . 69 = 207$

600.

160
16
176

26' 56"
60'
33' 10" = 1990 : 200 = 10.

700

~~41' 18"~~
~~47' 15"~~
~~3 57"~~

7

~~1990 :~~

16'5 :

740
15
725

49' 21"
53' 20
239"

100
~~200~~ :
~~140~~
~~12~~ 6

140 . 7
~~725 . 140~~
~~165~~
33

8'1 : 25'2
14'3 13'9
20'3 8'3

17'3 : 11'0

3'5

98000 : 198 = 495 0.011

4 5 5
5'4 5

96%

Czas do wypełnienia

Ŝr : 1 atm   3 m 35 = 215

2   2' 27 = 147

2·7 – 3·5   1' 55 = 115

215 : 147 = 1·46 ≠ √2
68
9

215 : 115 = 1·79 ≠ √3
100
19

rozrywanie następuje przy 2·4 atm.

([illegible])

rozkręcanie at. 2 min 2 sec | 1 m 59

−1 1 45 | 1.45

76
80
85

Van 60

3 min 55

2 min 15 atm.

Nie ruszać!

49.

~~#~~ h

	74·2
41·2	~~50~~ = 33
31·7	60 = 42·5
	52·5
21·7	~~70~~
	62
12·2	~~76~~

Nie [illegible]